



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**MANUAL DE APLICACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN  
DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA.**

Para optar al título de ingeniero civil

**Elaborado por**

Br. Marlon Reynerio Espinoza Ortega  
Br. Julián Ezequiel Espinoza Rivera  
Br. Saddam Javier Hernández Zeledón

**Tutor**

Ing. Luis Gustavo Espinoza González

Managua, Agosto 2018



## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo de manera Primordial a Dios, porque a pesar de mis errores me dio un nuevo comienzo, me hizo un hombre nuevo, cumple su promesa y me ha dado soporte en mis momentos más difíciles, a mi esposa Karla Sofana, por su amor incondicional, su apoyo, su ayuda, paciencia y persistencia conmigo, a mi Madre que supo esperar pacientemente que culminara, que cambiara, que la honrara y a mis hijos quienes sé que recibirán el ejemplo de la perseverancia y motivación para alcanzar metas.

**Marlon Espinoza Ortega**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a nuestro señor Jesucristo, Dios vivo, que hace que todos nuestros anhelos sean posibles, espera, y recompensa.

A mi esposa Karla Sofana, con quien hemos podido ser uno y que sé que disfruta este triunfo igual que yo.

A mis Madres, Nubia, Dimisela y Gladys, que formaron de mí el hombre que ahora soy, con los valores éticos, morales y espirituales que sirvieron como semilla que germinó y dio fruto.

A mis hijos, para quienes anhele ser ejemplo de superación, persistencia y moral.

Agradezco al Ingeniero Salvador Mansell, Ingeniera Estela Martínez, Ingeniero Enrique Montiel, Bella Firayner e ingeniero Javier Maltéz, por las oportunidades, reconocimiento y apoyo brindado en mi desempeño profesional.

**Marlon Espinoza Ortega**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico primeramente a Dios quien me brinda la fuerza, sabiduría y vida para alcanzar esta meta y también a mi madre Maritza Cristina Zeledón Sequeira quien nunca dudo en creer en mí, quien siempre de manera incondicional hizo todo lo posible para que yo lograré mis sueños, y de quien me transmitió lo mejor de ella y gracias a su ejemplo soy el hombre que soy; aunque ella no pueda leer esto y sabía lo que significaba para mi este logro; quiero plasmar que ella es mi inspiración a seguir adelante y le dedicó el primer gran logro de muchos de los cuales ella a siempre estará presente.

**Saddam Javier Hernández Zeledón**

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente le doy gracias a Dios por haberme permitido haber llegado hasta este momento a pesar de los momentos de declive y de las muchas dificultades que pase para llegar a esta meta me brindo fortaleza, sabiduría, paciencia y fe de que podía lograr este momento.

Agradezco a todos los miembros de mi familia que me ayudaron para lograr este momento y alentaron a seguir adelante.

Agradezco a mi padre Pablo Javier Hernández Flores quien siempre me alienta a seguir mis metas, a mi hermana Arlen Elizabeth Hernández Zeledón por ser un apoyo incondicional en mi vida y sobre todo a mi Madre Maritza Cristina Zeledón Sequeira la cual es la razón principal por la cual estoy alcanzando esta meta, a todos sus esfuerzos sacrificios con el empeño y deseo de que yo alcanzaré uno de mis sueños y cuál gracias a ella estoy logrando, por eso Y muchas cosas más gracias Madre. Te amo Mamá.

**Saddam Javier Hernández Zeledón**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a Dios nuestro señor, por ser nuestro ejemplo y guía a seguir, está dedicado a mi Esposa Olga del Carmen, por su apoyo incondicional, está dedicado a mis padres los que con su ejemplo han logrado imprimir en mí la cualidad del trabajo y dedicación. Está dedicado a mis Hijos, porque son la razón de seguir esforzándome día a día y lograr mis metas.

**Julián Ezequiel Espinoza Rivera**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco la culminación de este trabajo, a Dios sobre todas las cosas, porque Él está presente en cada uno de nuestros momentos difíciles y ha sido nuestro apoyo incondicional en todo momento. Agradezco a nuestra Universidad Nacional de Ingeniería, por ser junto a su cuerpo Docente quien lograra conducirnos por el camino del conocimiento y la Ciencia.

A mis compañeros de Tesis, ya que sin ellos no fuese posible llegar a buen término con el trabajo presentado. Y un Agradecimiento especial a mi Madre, por ser desde muy pequeño mi ejemplo de Trabajo y Honestidad.

**Julián Ezequiel Espinoza Rivera**

## **RESUMEN TÉCNICO.**

El presente documento es de procedimientos de aplicación que describe los trabajos de construcción de líneas de alta tensión y la secuencia de ellos. Incluye la normativa relacionada a estos trabajos, las políticas aplicadas por las empresas involucradas especialmente en aseguramiento de calidad y los conceptos básicos en materia de energía, también, prevención de riesgos y medio ambiente, y un ejemplo resumido de una aplicación específica.

En el Capítulo uno se define los conceptos, orígenes, la historia y funcionamiento de los sistemas de transmisión eléctrica así como los apoyos y herrajes utilizados en las mismas, el recorrido de la energía hasta llegar a los hogares e industrias y las diferentes fases que atraviesa para realizar el recorrido.

En el capítulo dos se enuncian las normas aplicadas existentes en el sector, leyes y reglamentos de regulación de la materia que son aplicadas por diversas instituciones y entes que estas ligados directamente a estos trabajos asimismo se describen las distintas actividades que dan origen a los estudios de proyectos de construcción de líneas de transmisión en alta tensión

En el capítulo tres se presenta un procedimiento ejecutivo general de los trabajos relacionados a la construcción de líneas de transmisión eléctrica en alta tensión los cuales serán una herramienta indispensable para los ingenieros involucrados es este tipo de trabajos y principalmente las actividades de obra civil que deben de ser realizadas para la ejecución de un proyecto de línea de transmisión.

Se ofrece información relevante a las políticas de calidad, en capítulo cinco se aborda la prevención de riesgos y en el capítulo seis de manera infaltable se aborda la protección del medio ambiente e impacto ambiental, utilizadas por empresas del área en sus procesos productivos, efectuándose una compilación de textos de la legislación vigente en esta materia.

En el Cuarto capítulo se presenta un ejemplo de aplicación en el cual han participado los autores del presente trabajo y el cual enmarco los procedimientos descritos en este documento con los cuales se logró llevar a cabo la obra en mención.

## ÍNDICE

CAPITULO I.....	1
1.1.    INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.    ANTECEDENTES .....	3
1.3.    JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4.    OBJETIVOS .....	7
1.4.1.    Objetivos General.....	7
1.4.2.    Objetivos específicos .....	7
CAPITULO II.....	8
2.        MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.    Ciclo y Etapas de Transformación de la Electricidad. ....	8
2.2.    Normativa relevante en la construcción de Alta tensión. ....	8
2.2.1.    Aspectos generales.....	8
2.2.2.    Definiciones .....	9
2.3.    Generación de energía eléctrica .....	13
2.3.1.    Hidroeléctricas: .....	14
2.3.2.    Termoeléctricas: .....	15
2.4.    Transformación primaria de energía eléctrica .....	15
2.5.    Transmisión de energía eléctrica.....	16
2.6.    Distribución de energía eléctrica.....	17
2.7.    Definiciones de elementos componentes de un sistema de transmisión .....	18
2.7.2.    Estructuras de acuerdo a cantidad de circuitos.....	18
2.7.3.    Estructuras de acuerdo a su uso .....	19
2.7.3.1.    Estructura de suspensión:.....	19
2.7.3.2.    Estructura de anclaje: .....	19
2.7.3.3.    Estructura de remate: .....	20
2.7.3.4.    Estructuras especiales: .....	20
2.7.3.5.    Cuerpos componentes de una estructura de soporte de líneas	20
2.7.4.    Stub: .....	20

2.7.5.	Perforación de referencia o Muesca: .....	21
2.7.6.	Plantilla:.....	21
2.7.7.	Base:.....	21
2.7.8.	Extensiones de cuerpo: .....	22
2.7.9.	Cuerpo común: .....	22
2.7.10.	Ménsula:.....	23
2.7.11.	Cúspide: .....	23
2.8.	Herrajes de líneas .....	24
2.8.1.	Aisladores: .....	24
2.8.2.	Grapas:.....	24
2.8.3.	Pistolín:.....	25
2.9.	Conductores y cable de guarda .....	25
2.9.1.	Conductor: .....	25
2.9.2.	Cable de guarda: .....	26
2.10.	Otros términos utilizados en el desarrollo del tema .....	26
2.10.1.	Fase:.....	26
2.10.2.	Circuito trifásico: .....	26
2.10.3.	Funda: .....	27
2.10.4.	Engrapado: .....	27
2.10.5.	Flechado y tensado de cables:.....	27
2.10.6.	Jumper, cuellos o Puentes eléctricos:.....	27
2.10.7.	Poleas: .....	28
2.10.8.	Varilla Preformadas:.....	28
2.11.	Clasificación de las instalaciones eléctricas .....	28
2.12.	Clasificación de las condiciones de operación .....	28
2.13.	Aseguramiento de calidad .....	29
2.13.1.	Concepto.....	29
2.13.2.	Protagonistas de la calidad.....	29
2.13.3.	Evolución de calidad .....	29
2.13.4.	Importancia de la calidad en la obra .....	30
2.13.5.	Implementación de un plan de calidad .....	31
2.13.6.	Control de materiales.....	31
2.13.7.	Control de documentación y archivos .....	32



2.13.8.	Documentación del cliente o ingeniería .....	32
2.13.8.1.	Documentación interna.....	33
2.13.9.	Control de procesos .....	33
2.13.10.	Control de no conformidades .....	34
2.13.11.	Control de calidad de los trabajos en una línea de transmisión eléctrica .....	34
CAPITULO III.....		39
3.1.	Procedimientos de construcción de líneas de Alta tensión .....	39
3.2.	Convenios y relaciones con propietarios y terceros afectados.....	39
3.3.	Roce y despeje de franja de servidumbre .....	41
3.4.	Medidas de protección contra incendios forestales.....	42
3.5.	Construcción de cercos en franjas de servidumbre.....	44
3.6.	Caminos de accesos a líneas de transmisión .....	45
3.7.	Replanteo topográfico.....	46
3.7.1.	Aspectos generales.....	46
3.7.2.	Trabajos propios de replanteo en líneas de transmisión .....	49
3.7.3.	Tolerancias en la ubicación de las estructuras.....	51
3.7.4.	Excavaciones para fundaciones .....	52
3.8.	Tipos de suelos según clasificación .....	52
3.9.	Tipos de fundaciones.....	55
3.9.1.	Fundaciones normales .....	55
3.9.2.	Fundaciones especiales.....	55
3.9.3.	Preparación de la superficie de fundación .....	55
3.9.4.	Consideraciones previas a las excavaciones .....	56
3.9.5.	Trabajos propios de excavación .....	57
3.9.6.	Condiciones específicas en excavaciones.....	58
3.9.7.	Concreto de limpieza .....	59
3.10.	Armado de Acero.....	60
3.11.	Instalación de stub .....	62
3.12.	Colado de concreto de fundaciones.....	63
3.12.1.	Generalidades.....	63
3.12.2.	Elaboración de concreto in situ .....	65

3.12.3.	Elaboración de concreto en plantas .....	67
3.12.4.	Elaboración de Formaleta .....	68
3.12.5.	Vaciado del concreto .....	69
3.12.6.	Compactado de la mezcla.....	69
3.12.7.	Desencofre de los elementos .....	71
3.12.8.	Protección del concreto .....	71
3.12.9.	Certificación del concreto .....	72
3.13.	Montaje de estructuras .....	74
3.13.1.	Generalidades .....	74
3.13.2.	Clasificación, Revisión de materiales y equipos .....	74
3.13.3.	Tipos de Izado.....	76
3.13.3.1.	Izado con Pluma auxiliar .....	77
3.13.3.2.	Montaje con apoyo de grúa.....	77
3.13.4.	Recomendaciones al izado .....	78
3.13.5.	Finalización de la torre .....	79
3.14.	Tolerancias de montaje de est. para líneas de transmisión .....	80
3.15.	Tendido de conductores .....	83
3.15.1.	Estudio previo del tramo a tender. ....	83
3.15.2.	Operación de tendido de conductores y cable de guardia .....	84
3.15.3.	Condiciones especiales .....	86
3.15.4.	Cruces con líneas energizadas.....	86
3.16.	Flechado y engrapado de conductores y cables de guardia. ....	87
3.16.1.	Flechado de conductores y cable de guarda.....	87
3.16.2.	Métodos de flechado de conductores .....	88
3.16.2.1.	Método topográfico.....	88
3.16.2.2.	Método de niveletas .....	89
3.16.2.3.	Método por percusión .....	89
3.16.2.4.	Tolerancias en el tendido.....	90
3.16.3.	Engrapado de conductores. ....	91
3.16.3.1.	Engrapado de Anclaje.....	91
3.16.3.2.	Engrapado de Suspensión .....	93
3.17.	Instalación de puentes eléctricos.....	94
3.18.	Pruebas y puesta en servicio .....	95

3.19.	PREVENCIÓN DE RIESGOS .....	96
3.19.1.	Conceptos básicos de prevención de riesgos .....	96
3.19.2.	Políticas de prevención de riesgos.....	97
3.19.3.	Principios de un plan de prevención de riesgos.....	98
3.19.4.	Factores involucrados en los accidentes.....	99
3.20.	Riesgos en la construcción .....	102
3.20.1.	Despeje de franja de servidumbre.....	102
3.21.	Excavaciones .....	102
3.21.1.	Causas básicas.....	102
3.21.2.	Medidas preventivas .....	103
3.22.	Montaje de estructuras .....	104
3.22.1.	Causas básicas.....	104
3.22.2.	Medidas preventivas .....	104
CAPÍTULO IV .....		106
4.	EJEMPLO DE APLICACIÓN .....	106
4.1.	Generalidades.....	106
4.1.1.	Aspectos del proyecto .....	108
4.1.1.1.	Ficha Técnica.....	108
4.1.1.2.	Aspectos Técnicos.....	109
4.1.1.3.	Propuesta de estructuras por tipo.....	109
4.1.1.4.	Perfil del Proyecto .....	110
4.1.1.5.	Trazados previos de la línea.....	110
4.1.1.6.	Alcances.....	111
4.1.1.7.	Inversión Estimada.....	112
4.1.1.8.	Cantidad de Mano de Obra.....	112
4.1.1.9.	En el montaje e instalación de los equipos y la maquinaria.....	112
4.1.1.10.	En la etapa de operación .....	112
4.1.1.11.	Antecedentes técnicos.....	113
4.1.1.12.	Despeje de la franja de servidumbre.....	114
4.1.1.13.	Construcción de fundaciones .....	115
4.1.1.14.	Montaje de estructuras .....	116

4.1.1.15. Tendido de conductores .....	116
4.1.1.16. Prueba y puesta en servicio .....	117
CONCLUSIONES .....	118
RECOMENDACIONES .....	120
BIBLIOGRAFIA.....	121
ANEXOS .....	123

1. Ley No. 272\_Ley de la Industria Eléctrica.
2. Normativa de Transporte del Sistema Eléctrico de Nicaragua
3. Normativa de Operaciones
4. Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua. (CIEN).
5. Reglamento Nacional de la Construcción. (RNC)
6. Normativa Particular para Líneas de Transmisión Eléctricas
7. IMPACTO AMBIENTAL

# **CAPITULO I**

## **1.1. INTRODUCCIÓN**

Desde los tiempos que se descubre la electricidad como una alternativa para mejorar la calidad de vida de las poblaciones, se ha generado una gran demanda de energía, dándosele no sólo un uso doméstico, sino que, además, gran parte de la generación es utilizada por la industria.

Nicaragua no es la excepción, en las últimas décadas el uso de la electricidad es una necesidad básica en todos los hogares, además han surgido industrias a lo largo de nuestro territorio, lo que ha traído consigo un aumento de la demanda energética y asociado a esto la llegada de tecnologías de última generación.

El sistema de electricidad abarca el Sistema Interconectado Nacional (SIN), que cubre más del 90% del territorio donde vive la población del país (las zonas del Pacífico, del centro y del norte completas). Las restantes regiones están cubiertas por sistemas de generación aislados. A través del proyecto SIEPAC (Sistema de Interconexión Eléctrica para América Central) se integró la red eléctrica del país con el resto de los países de América Central mejorando la confiabilidad en el abastecimiento y reduciendo los costos.

En nuestro país, la empresa responsable de la transmisión de casi la totalidad del sistema eléctrico es la Empresa Nacional de transmisión Eléctrica, ENATREL, la que realiza estudios de planificación del sistema de transmisión, con el objeto de identificar las ampliaciones de capacidad del sistema de transporte y transformación que posibiliten un óptimo funcionamiento del mercado eléctrico, en concordancia con la entrada de nuevas centrales generadoras, el crecimiento de la demanda y los criterios de calidad y seguridad de suministro vigente.

El crecimiento económico ha sido en gran medida reflejo de la estabilidad del sistema eléctrico, en el aumento de la demanda también influyen las nuevas inversiones que se han dado, la economía está creciendo, por las razones anteriormente expuestas, es que nace la idea de crear un manual de construcción de líneas de alta tensión, para que profesionales del área de la Construcción Civil, también se hagan parte de este proceso.

Es importante saber que el quehacer del ingeniero civil en este tipo de obras comienza desde la selección de una ruta adecuada, tomando en cuenta los diversos tipos de especialidades con las que se cuenta, como la topografía, los estudios estructurales de suelo, estudios de uso agroforestal, público o comercial, estudios hidrográficos de cuencas, estudios hidráulicos en cuanto a la posibilidad de inundaciones y/o escorrentías en zonas lluviosas, estudios sísmicos y de estabilidad de estructuras, pasando por la construcción y la puesta en servicio de la líneas de transmisión.

Con este manual se pretende lograr que el ingeniero civil involucrado en el proceso constructivo tenga conocimientos generales del proceso de diseño y trazado de una línea de transmisión y la correcta coordinación con todos los agentes que involucra del proceso constructivo con la finalidad de llevar el proyecto de una manera segura y eficiente.

## **1.2. ANTECEDENTES**

A nivel nacional, los tres circuitos principales de alta tensión llevan líneas de 230 Kv, de 138 Kv y de 69 Kv para atender el país. La línea de 230 Kv se interconecta con Honduras y Costa Rica en la zona del Pacífico; la línea de 138 Kv forma una serie de anillos entre el Pacífico y Centro Norte del país y los ramales de 69 Kv distribuyen energía hacia la profundidad del Norte del país, del centro y parte del Atlántico. Toda la red del sistema cuenta con casi 2,189.17 kilómetros de líneas de transmisión, 86 Subestaciones eléctricas, 65 estatales y 21 privadas, 1,192 Km. de Fibra Óptica instalados por ENATREL, empresa que también administra el Mercado Eléctrico de Nicaragua y opera el Sistema Interconectado Nacional (SIN).

El SIN ha sido desarrollado incluyendo interconexión internacional para asuntos del mercado eléctrico nacional e internacional, manejado a través del Centro Nacional de Despacho de Carga (CNDC). Es así, que al diseñarse el SIEPAC como parte del Plan Puebla Panamá (PPP) coincide en los objetivos de la formación y consolidación progresiva del MER (Mercado Eléctrico Regional) con participación de privados y la estructura física para su soporte (líneas de transmisión, equipos de compensación y subestaciones) que permita los intercambios de energía eléctrica entre los participantes del MER.

Se tienen tres sistemas de transmisión en el País descritos a continuación:

El Sistema de 230 KV con 336.75 km de longitud, es radial a circuito sencillo, e interconecta el sistema eléctrico nicaragüense con Honduras al norte y Costa Rica al sur. A este se unen las generadoras Nicaragua con 100 MW y CENSA con 63 MW, además se integran las subestaciones más importantes como León I, Los Brasiles, Masaya y Ticuantepe II, que transforman la energía de 230 kV a 138 kV.

El Sistema de 138 KV con 1,036.1 km de longitud, es el principal medio de la transmisión de energía desde los centros de generación hasta los mayores puntos de carga de Nicaragua. Existen dos anillos en 138 kV, uno está instalado en el Departamento de Managua y el otro en el noroccidente del país, donde se enlazan las plantas hidroeléctricas Centroamérica y Santa Bárbara con 50 MW cada una.

Y por último tenemos el Sistema de 69 KV con 816.32 km de longitud, es el nivel de voltaje con el cual se construyeron las primeras líneas de transmisión.



### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Mediante la elaboración de este documento se garantizará la transferencia de los procedimientos generales a seguir en la ejecución de las obras civiles de la construcción de líneas de alta tensión, logrando fijar las condiciones mínimas de seguridad que debe cumplir la construcción de líneas de alta tensión, con el fin de salvaguardar a las personas que las operan o hacen uso de ellas y preservar el medio ambiente en que han sido construidas.

Enmarca esencialmente exigencias de seguridad, su cumplimiento, junto a una adecuada aplicación, garantizar una instalación básicamente libre de riesgos; sin embargo, no garantiza necesariamente la eficiencia, buen servicio, flexibilidad y facilidad de ampliación de las instalaciones, condiciones estas inherentes a un estudio acabado de cada proceso o ambiente particular y a un adecuado proyecto.

Las disposiciones de este documento se aplicarán a la ejecución de las construcciones de líneas de alta tensión y que estén destinadas a transportar energía eléctrica.

Toda construcción de líneas de alta tensión deberá ser proyectada, ejecutada y mantenida dando estricto cumplimiento a las disposiciones de los reglamentos aplicables a este tipo de construcción.

Toda construcción de línea de alta tensión deberá ejecutarse de acuerdo a un proyecto desarrollado previamente, el cual deberá ser técnicamente concebido de modo de asegurar que en su operación y explotación no se presenten riesgos para operadores y/o usuarios; que haga un uso eficiente de la energía, que proporcione un buen servicio, que permita un fácil y adecuado mantenimiento, que tenga la flexibilidad necesaria como para permitir modificaciones y ampliaciones y no provoque alteraciones nocivas en el medio ambiente.

Toda construcción de líneas de alta tensión, ubicadas en zonas públicas, privadas y accesibles a cualquier persona, se deberá tener medidas de seguridad para evitar que dichas personas puedan entrar en contacto con las partes en tensión, ni directamente ni por medio de herramientas, todo este tipo de maniobras deberán ser programadas y supervisadas, bajo los protocolos y normativas vigentes, en el presente documento se pretende aportar al Ing. Civil y al lector de los procedimientos y normativas que regulan las actividades de intrusión en las redes de Alta Tensión.

La implementación de este documento prevé que toda construcción de líneas de alta tensión deberá ser proyectada y ejecutada bajo la inspección de un Supervisor de Obras, asignado por el ente competente y con experiencia en el ramo.

Siendo que el sector eléctrico en estos últimos años ha representado un auge significativo se hace necesario la implementación de este documento específico para construcción de líneas de alta tensión tanto para contratistas, subcontratistas de las obras como para los supervisores y demás personal involucrado en este tipo de proyectos.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivos General**

- Desarrollar los procedimientos para la construcción de obras civiles de líneas de transmisión eléctrica.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar las etapas de construcción de las líneas de transmisión eléctrica.
- Elaborar una guía de procedimiento ejecutivo general de los trabajos de obras civiles relacionados a la construcción de líneas de transmisión eléctrica en alta tensión.
- Desarrollar las políticas de calidad, prevención de riesgos y protección del medio ambiente, utilizadas por empresas del área en sus procesos constructivos, efectuándose una compilación de información de la legislación vigente en esta materia.
- Diseñar un ejemplo de aplicación de los presentes Procedimientos generales.

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Ciclo y Etapas de Transformación de la Electricidad**

Para familiarizar al lector con el tema es necesario explicar en forma breve las transformaciones que sufre la energía eléctrica, desde su generación hasta el momento en que ésta es consumida en nuestros hogares y las industrias.

#### **2.2. Normativa Relevante en la Construcción de Líneas de Transmisión**

##### **2.2.1. Aspectos generales**

En este capítulo trataremos de dar a conocer información, en forma resumida, de la normativa vigente en nuestro país tanto de diseño como de construcción de líneas de transmisión eléctricas, con el objetivo de que Constructor o Contratista, encargado de la Ejecución, Planificación y Supervisión de un proyecto tenga las bases y conocimientos aplicables en nuestro país, y ser capaz de prevenir posibles errores en el diseño por faltas a la normativa, métodos constructivos especificados en el pliego técnico de la obra, conocer los canales y mecanismos para acceder a las autoridades del sector eléctrico, además de tener conocimiento de los derechos y deberes para con los afectados por el paso de una Línea de transmisión Eléctrica.

En nuestro país la entidad encargada de regular todas las materias relacionadas a la explotación de energía eléctrica es el Instituto Nicaragüense de Electricidad (INE), que corresponde a un Ente descentralizado, el cual se relaciona con el Gobierno a través del Ministerio de Energía y Minas.

El Instituto Nicaragüense de Electricidad es una entidad Autónoma del Estado, que funge como regulador y normativo del sector energético del país, tiene por objeto Velar por el cumplimiento de las leyes y reglamentos del sector ener-

gético, regulando, supervisando y aplicando las políticas energéticas que contribuyen a la estabilidad, eficiencia y sostenibilidad de los subsectores de electricidad e hidrocarburos, garantizando que tanto las empresas como los consumidores cumplan con sus obligaciones y gocen de sus derechos conforme a la ley, con el fin de verificar que la calidad de los servicios que se presten a los usuarios sea la señalada en dichas disposiciones y normas técnicas, y que las antes citadas operaciones y el uso de los recursos energéticos no constituyan peligro para las personas e infraestructura.

En lo que se refiere a normativa de Líneas de Transmisión Eléctrica, nuestro país no cuenta con alguna regulación específica en cuanto a la construcción, si tenemos regulado las relaciones y métodos comerciales, de cómo se debe manejar y Operar el Sector Eléctrico de Alta Tensión. De quienes pueden formar parte del Sistema Nacional de Transmisión, como se deben comportar con los Usuarios y Concesionarios del Sistema de Transmisión existente, la Calidad y seguridad del Servicio a prestar y las formas Remuneratorias o de castigo económico que aplican a cada uno de los Agentes del Mercado Eléctrico.

### **2.2.2. Definiciones**

Para fines de la aplicación de la Ley de la Industria Eléctrica, existen definiciones a los términos utilizados, estos servirán de referencia en nuestro trabajo, los listamos a continuación:

**Actividad de Generación:** Es la producción de electricidad mediante el aprovechamiento y transformación de cualquier fuente energética.

**Actividad de Transmisión:** Es el transporte de energía eléctrica a través de líneas y subestaciones a un voltaje no menor de 69 Kilovoltios (Kv), desde las centrales eléctricas de generación hasta los centros de distribución.

**Actividad de Distribución:** Es la entrega de la energía eléctrica a clientes y grandes consumidores a través de un sistema de distribución poniendo a disposición de terceros agentes económicos del mercado eléctrico, la capacidad de transporte remanente que no se encuentre comprometida.

**Agente Económico:** Es toda persona natural o jurídica calificada, domiciliada en el país, que desarrolla actividades definidas en la industria eléctrica bajo cualquier régimen de propiedad.

**Auto productor:** Es el agente Económico que genera energía eléctrica para suplir parcial o totalmente los requerimientos de sus propias instalaciones industriales o de sus actividades.

**Centro Nacional de Despacho de Carga (CNDC):** Es la unidad responsable de la operación del Sistema Interconectado Nacional.

**Cliente:** Es el consumidor final de energía eléctrica que es abastecido por un distribuidor mediante la firma de un contrato de servicio eléctrico

**CNE:** Es el organismo rector del sector energético del país a cargo de la formulación de la política y planificación del sector energía.

**Cogenerador:** Es el agente Económico que produce simultáneamente potencia eléctrica y energía térmica en el mismo proceso.

**Generador:** Es el agente Económico que bajo licencia desarrolla la Actividad de Generación con el fin de venderla comercialmente.

**Transmisor:** Es el agente Económico que bajo Licencia desarrolla la Actividad de Transmisión.

**Distribuidor:** Es el agente Económico que bajo concesión distribuye y comercializa energía eléctrica mediante un sistema de distribución.

**ENEL:** Es la Empresa Nicaragüense de Electricidad.

**Gran Consumidor:** Es aquel consumidor servido a un voltaje igual o mayor a 13.8 Kilovoltios (Kv) y con una carga concentrada de por lo menos 2,000 Kilowatts (Kw). Periódicamente el INE podrá definir los niveles de voltaje y carga.

**INE:** Instituto Nicaragüense de Energía. Es una entidad autónoma del Estado, que funge como ente regulador y normador del sector energético del país.

**Instalaciones Internas:** Son las instalaciones usadas por un cliente o consumidor para el uso del servicio eléctrico y ubicadas dentro del predio donde recibe el servicio.

**MARENA:** Es el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales

**MEDE:** Es el Ministerio de Economía y Desarrollo.

**Mercado de Ocasión:** Son las transacciones de oportunidad de energía y potencia eléctrica que se realizan a precios sancionados en forma horaria en función del costo económico de producción y que no han sido establecidas mediante contratos.

**Peaje:** Es la remuneración por la prestación del servicio de transporte de energía eléctrica a través de redes de interconexión, transmisión y distribución.

**Posición Dominante:** Es la que tiene un Agente Económico respecto al mercado de sus servicios cuando atiende el 25 % o más de dicho mercado.

**Normativas de Concesiones y Licencias Eléctricas:** Son las normas que establecen las condiciones bajo las cuales el INE, otorgará las concesiones y licencias, fijando criterios en materia de obligaciones corporativas, de calidad del servicio, de suministro y las correspondientes disposiciones en materia de incumplimientos.

**Normativas de Multas y Sanciones:** Son las normas que establecen las multas y sanciones aplicables por el INE a los Agentes Económicos que realizan actividades de la industria eléctrica y a los clientes del servicio eléctrico.

**Normativa de Operación:** Son las normas que establecen los procedimientos y disposiciones para realizar el planeamiento, la coordinación y la operación del mercado eléctrico de Nicaragua.

**Normativa de Servicio Eléctrico:** Son las normas que deben emitir todo distribuidor de energía eléctrica para establecer sus relaciones de distribución y/o comercialización con sus clientes, en concordancia con las disposiciones de esta Ley y su Reglamento General.

**Normativa de Tarifas:** Son las normas que establecen la estructura y la base de las tarifas para el régimen de precio regulado.

**Normativa de Transporte:** Son las normas que establecen las condiciones para el uso, acceso y expansión de la red de transporte de energía eléctrica y las normas de calidad.

**Sistema Aislado:** Es la central o conjunto de centrales de generación eléctrica y sistemas de transmisión y distribución que no se encuentran interconectados al Sistema Nacional de Transmisión.



**Sistema de Distribución:** Conjunto de líneas y subestaciones de distribución a niveles de voltaje inferior a 69 Kilovoltios (Kv) con sus equipos asociados, al servicio de los consumidores finales de una empresa de distribución.

**Sistema de Transmisión:** Es el conjunto de líneas de transmisión, subestaciones y equipos asociados necesarios para transportar la energía desde centrales de generación hasta sistemas de distribución.

**Sistema Secundario de Transmisión:** Es la Línea o conjunto de líneas de transmisión que permiten conectar al generador o distribuidor al Sistema Interconectado Nacional.

**Sistema Interconectado Nacional (SIN):** Es el conjunto de centrales de generación eléctrica y sistemas de distribución que se encuentran interconectados entre sí por el Sistema Nacional de Transmisión.

**Sistema Nacional de Transmisión:** Es el sistema de transmisión integrado a nivel nacional que incluye las interconexiones internacionales.

### **2.3. Generación de energía eléctrica**

La electricidad que nosotros consumimos, y que se transporta a través de una red de cables, se produce básicamente al transformar la energía cinética en energía eléctrica, para ello se utilizan principalmente turbinas y generadores. Las turbinas son enormes engranajes que rotan sobre sí mismos una y otra vez impulsados por una energía externa. Los generadores son aparatos que transforman la energía cinética de movimiento de una turbina, en energía eléctrica. La mayoría de la generación instalada por estos métodos en nuestro país, es producida por combustibles fósiles, pero como parte del compromiso de las Instituciones encargadas de la explotación energética, se están incentivando y aumentando proyectos que vendrían a sumar la producción de energía eléctrica actual, por energía renovable o energía limpia.

En nuestro país, gracias su posición geográfica, la hace disponer de variadas fuentes de energía del tipo renovables. La cercanía de una cadena volcánica junto a grandes reservorios de agua la hace atractiva para producir energía geotérmica; relativamente grandes cuencas hidrográficas que drenan hacia el lago y el Atlántico, combinado con elevaciones importantes la hacen también atractiva para el desarrollo de otra forma de energía como es la hidráulica; la cantidad de horas de brillo solar y las calorías transmitidas como energía radiante las hace súper atractivas para pequeños microsisistemas aislados de generación fotovoltaica. Además de los tipos de generación de energía citados anteriormente, tenemos un gran potencial energético en diversas partes del territorio para la generación de energía Eólica, en la actualidad existen alrededor de 5 grandes instalaciones Eólicas en el sur del país, aportando de esa manera una parte de energía limpia al Sistema Interconectado Nacional.

### 2.3.1. Hidroeléctricas

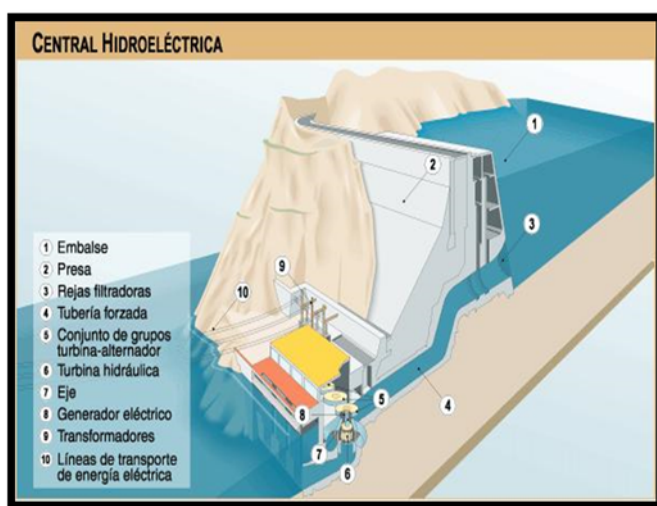


Figura1. Esquema Central Hidroeléctrica

La Generación de Energía hidroeléctrica, es básicamente el aprovechamiento de la energía cinética y potencial gravitatoria del agua. Según la disposición y condiciones del recurso acuífero, la energía puede tomarse utilizando la velocidad del agua que va corriendo en el río o cauce es decir utilizar el

agua como discurre normalmente canalizándola hasta una turbina de generación; o utilizando la energía potencial de un embalse de agua, desde un lago o pantano artificial, siempre haciendo uso de una turbina de generación eléctrica.

### 2.3.2. Termoeléctricas

La transformación de energía se efectúa básicamente en cuatro etapas:

- Transformación de energía latente del combustible en calor.
- Transformación de calor en energía potencial de vapor.
- Transformación de energía potencial de vapor en energía.
- Transformación de energía mecánica en energía eléctrica

En nuestro país los tipos de centrales termoeléctricas más utilizadas son las que a continuación se definen:



Figura 2. Planta térmica Momotombo, León, Nicaragua

- Centrales térmicas a vapor.
- Centrales térmicas a gas.
- Centrales de ciclo combinado.

### 2.4. Transformación primaria de energía eléctrica

Uno de los grande problemas que presenta la energía eléctrica es que no se puede almacenar, sino que debe ser transmitida al mismo tiempo que se genera, cabe destacar que la transmisión debe hacerse en tensiones muy altas, esto debido a un problema de costos, eficiencia de transmisión y distancia desde los puntos de generación a los puntos de consumo, esto se debe a que se requiere cubrir necesidades de potencia de consumo y si se transmitiera en tensiones menores

se requeriría de múltiples líneas de transmisión que elevaría los costos de construcción y mantenimiento de éstas, por otro lado, la tensión de generación por lo general alcanza unos 13.8 kV, que corresponde a una tensión considerada baja para ser transmitida, es por esto, que en la misma planta de generación se deberá instalar una subestación transformadora para elevar la tensión a valores convenientes.



Figura 3. Subestación Eléctrica Boaco, Boaco, Nicaragua

Estas subestaciones transformadoras cuentan con todo el equipamiento necesario, tanto de monitoreo como de protección de las instalaciones, y lo más importante un transformador de potencia para elevar el voltaje y entregarlo a la línea de transmisión

## **2.5. Transmisión de energía eléctrica**

La energía producida por los generadores es llevada a un patio de alta tensión, donde el voltaje original es elevado a valores por sobre los 69 kV. Una vez transformada la potencia original a los voltajes antes mencionados, esta energía es transportada por medio de líneas de transmisión que están configuradas básicamente por torres y redes de conductores de grueso calibre, capaces de transportar estos elevados flujos de corrientes, también denominadas corrientes fuertes.

Existen dos tipos de líneas de transmisión eléctrica unas son aquellas que van desde el punto de generación hasta una línea de transmisión troncal y la troncal propiamente tal, que tiene la misión de acercar la energía generada en las centrales a los centros de consumo, ya sea domiciliarios o industriales.

El acoplamiento de las líneas de transporte de energía desde el punto de generación a los sistemas interconectados o troncales se podrá hacer en forma directa, o en su defecto a través de una subestación eléctrica de manio- bra, esta última alternativa es la más adecuada debido a que se asegura un acoplamiento sincronizado de frecuencia de fases.

## 2.6. Distribución de energía eléctrica



Figura 4. Subestación Eléctrica Catarina, Masaya, Nicaragua

Esta corres- ponde a la última etapa que recorre la energía eléctrica antes de llegar a los centros de consumo, tanto ciudades como industrias. La ener- gía transportada en tensiones de 69kV,

138kV y 230kV son llevadas subestaciones de transformación, donde es bajado el voltaje a 13.8 o 24.9kV., según sea la zona del Pais, con este voltaje transformado se tiene una red de circuitos trifásicos y/o monofásicos que recorren prácticamente todas las calles de las ciudades, caminos rurales y carreteras regionales acercando el suministro energético a los domicilios, edificaciones públicas e industrias, donde en puntos estratégicos será transformada nuevamente a tensiones de 120 Volts y 240 Volts u otra tensión contratada, según sean las necesidades.

## **2.7. Definiciones de elementos componentes de un sistema de Transmisión**

### **2.7.1. Generalidades**

Como ya se tiene la idea general de cuáles son las etapas por las cuales pasa la electricidad antes de llegar a nuestros hogares e industrias, se comenzará a explicar en más detalle en que consiste un sistema de transmisión eléctrica de alta tensión y la terminología utilizada en el desarrollo del tema.

Un sistema de transmisión eléctrica está compuesto básicamente por torres en base a enrejados, con características mecánicas adecuadas a las solicitaciones establecidas en las memorias de cálculo, de acuerdo a la topografía del terreno y de las condiciones climáticas del sector y conductores del material que cumpla con las características mecánicas y eléctricas de acuerdo a las necesidades del proyecto. Pero además de esto, hay una serie de elementos que son los responsables de mantener unidos los conductores a las estructuras, que se denomina herrajes de la línea.

En la actualidad se ha hecho común el uso de estructuras cilíndricas troncocónicas para la transmisión de energía, estas estructuras son denominados postes de transmisión, los que pueden ser fabricados en base a concreto armado y a metal, son estructuras posiblemente de mayor costo, pero con ciertas facilidades de ubicación y menos propensas al vandalismo y robo de elementos.

### **2.7.2. Estructuras de acuerdo a cantidad de circuitos**

La energía eléctrica se transmite en uno o dos circuitos, esto depende de la demanda de consumo de energía que exista en el punto de entrega, la diferencia entre las estructuras usadas en estos casos corresponde a la cantidad de crucetas que contiene la torre, las de doble circuito están configuradas con tres crucetas a cada lado de la torre, las cuales portarán una fase cada una para la configuración de cada circuito en forma independiente.

Las estructuras de simple circuito, están conformadas por dos crucetas a un lado de la torre y una al otro, las cuales en su conjunto forman un circuito eléctrico. La diferencia entre un tipo de configuración y otro, además de la cantidad de crucetas, se refleja en la robustez de la estructura.

### **2.7.3. Estructuras de acuerdo a su uso**

#### **2.7.3.1. Estructura de suspensión**



Figura 5. Torres de Suspensión simple circuito en Ángulo

Este tipo de estructura corresponde al tipo auto soportante, esto quiere decir que esta estructura sólo trasmite a las fundaciones su peso y el peso de los conductores en el sentido vertical de la estructura, también se le denomina de alineamiento.

#### **2.7.3.2. Estructura de anclaje**

Este tipo de estructura, además de soportar su peso, está expuesta a tensiones adicionales por giro, esto se debe a que este tipo de torre es construida en las deflexiones o ángulos sufridos por el trazado, pero también cuando los tramos rectos de la línea se extienden demasiado se instala una torre de anclaje para evitar sobre-tensiones en la línea por efectos externos como viento o sobrepeso debido a hielo, también permite proporcionar puntos firmes en la línea que impidan la destrucción total de la misma, en caso de ruptura de un conductor o colapso de alguna estructura contenida dentro de algún tramo.

### **2.7.3.3. Estructura de remate**

Estas son del mismo tipo que las mencionadas anteriormente, la diferencia se debe a que se encuentra al final de la línea, ya sea para su acometida a una subestación o simplemente el término de ésta, por lo que la tensión por un lado en la longitudinal es reducida o simplemente nula. Debido a esto es que en algunos casos se debe estudiar la instalación de tirantes en el lado de menor tensión para compensar los sobreesfuerzos a los que está sometida la estructura.

### **2.7.3.4. Estructuras especiales**

Este tipo de estructuras serán diseñadas en aquellos puntos de la línea que por razones técnicas sea necesaria su instalación, por ejemplo una de la necesidades puede ser de carácter eléctrico, esto quiere decir que cuando la energía eléctrica viaja distancias considerables se produce una autoinducción entre las fases componentes de los circuitos, que trae un desequilibrio eléctrico en el circuito, por lo que es necesario cambiar la disposición de los conductores, en este caso se debe estudiar una estructura especial para realizar esta maniobra, a este tipo de estructura se le denomina de transposición de conductores, otro caso sería que por razones topográficas se desee ganar altura desde conductores al suelo, por lo que se deberán emparejar las fases a un mismo nivel, en este caso a esta estructura se le denomina de abatimiento.

### **2.7.3.5. Cuerpos componentes de una estructura de soporte de líneas**

Las estructuras utilizadas en este tipo de proyectos, están compuestas por diferentes cuerpos o elementos, básicamente se distinguen los siguientes:

#### **2.7.4. Stub**

Angulares o perfil tipo “L” de acero galvanizado, de dimensiones variable de acuerdo al proyecto, que queda inserta en la base de concreto (fundación) y que permite transmitir los esfuerzos a que es sometida la estructura a su base y suelo adyacente. Sus longitudes y espesores son variables de acuerdo al cálculo de cada proyecto.



### 2.7.5. Perforación de referencia o Muesca

Corresponde a la perforación en la cual se enlaza el tirante del marco rígido el cual conforma el primer cuerpo de la estructura, dicha perforación se utiliza para controlar la cuadratura y cota final de la fundación.

### 2.7.6. Plantilla:



Figura 6. Nivelación de Stubs de torre con uso de plantilla

Estructura de amarre rígida que soporta los stub y posee dispositivos de fijación y chequeo de nivelación, estas plantillas están conformadas por perfiles tipo “L” que se perforarán con las medidas de proyecto, que corresponden a las perforaciones de referencia indicadas en los planos, cabe señalar que estas piezas son de carácter provisorio al igual

que las cadenas y otros elementos que se utilizan para afianzar los stub para el proceso de Concretado de éstos

### 2.7.7. Base

Se refiere a la parte correspondiente a cuatro estructuras denominadas también como patas, las que son unidas por medio de otros elementos formando los soportes sustentables de cada torre. Existen, de acuerdo a la topografía de terreno donde se ubica cada estructura, diversos tipos y combinaciones de ellas cambiando sus dimensiones (alturas), los tipos más comunes son -3, -2, -1,  $\pm 0$ , +1, +2, +3 (en metros) o una combinación de estas medidas. En casos especiales se diseñan otras combinaciones de alturas de patas, también a este tipo de estructuras se les denomina como patas en desnivel

### 2.7.8. Extensiones de cuerpo

Corresponde a todos los elementos (piezas metálicas galvanizadas) que unen la parte superior de la base, al cuerpo común de las torres, y es donde se realiza el primer chequeo para verificar la correcta instalación e inclinación de los stub. La Extensión de Cuerpo, es el tramo piramidal de la Estructura, determina la altura de la misma, a mientras más altura, mayor es el ancho de la base. En Torres del mismo fabricante es común que los diseños cambien el grosor del perfil metálico (Montante) de acuerdo al esfuerzo nominal de la Estructura, logrando piezas comunes en esta parte del cuerpo de la torre, diferenciados nada más que por la altura de la misma. A mayor altura, mayor serán los elementos montantes que sean unidos en este tramo.

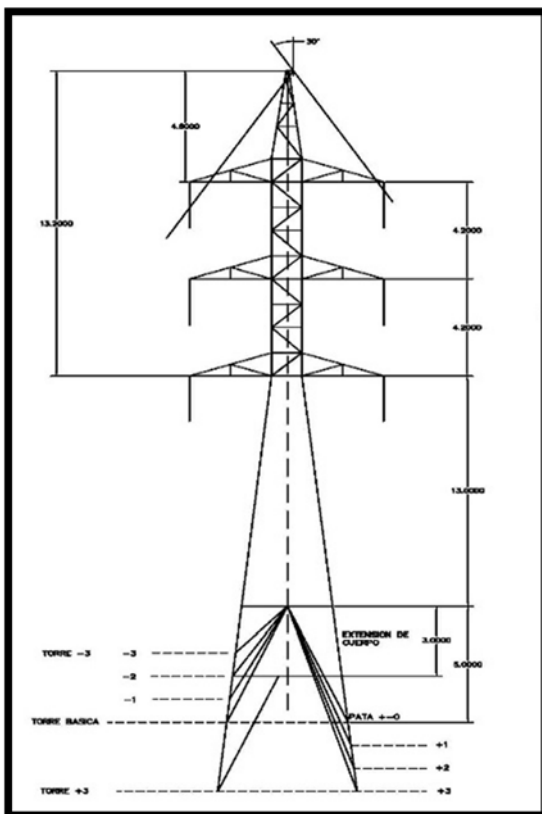


Figura 7. Siluetas de torre de transmisión

### 2.7.9. Cuerpo común

Esta sección está constituida por diferentes cuerpos que van a permitir poder ganar altura en la estructura en sí, estos cuerpos están conformados en base a enrejados de perfiles tipo "L" de acero galvanizado en caliente, con dimensiones de acuerdo al proyecto estudiado por ingeniería. Esta estructura se montará sobre el cuadro base para así dar la forma a la torre requerida.

#### **2.7.10. Ménsula**

Esta parte de la estructura es necesaria para alejar los conductores de la estructura en cuestión, cargar los cables de potencia tanto en suspensión como de ángulo, además que sirven para evitar arcos eléctricos y fallas en el funcionamiento normal del sistema de transmisión, la longitud de este tipo de estructuras dependerá de la potencia eléctrica a transmitir. Es la parte de la torre que transmite a la estructura en su conjunto, el esfuerzo de tracción aplicado por el efecto de la tensión mecánica de los conductores y el efecto del viento sobre ellos. Las Ménsulas están integradas a las torres en el cuerpo común o cabeza de la torre. La Mayoría de las teorías de cálculo Estructural en torres de transmisión, están basados en el esfuerzo que tiene que resistir una torre en el centro de este cuerpo común o cabeza de la torre.

#### **2.7.11. Cúspide**

La Cúspide es la Parte de una torre de transmisión donde va suspendido el cable guarda y/o Cable OPGW (Cable Guarda y de comunicación por fibra óptica). Este cuerpo sólo se contempla en aquellos casos donde el proyecto lo requiera, ya que todas las líneas de transmisión eléctrica no requieren de este tipo de protección, esto dependerá de los riesgos de la zona por donde está proyectado el trazado de eventuales descargas eléctricas naturales (rayos), que puedan afectar el funcionamiento de las instalaciones, por lo general, en zonas altas sobre 3000 mts. s.n.m., todas las líneas contemplan cable de guardia, por otro lado, a las llegadas y salida de cualquier sub-estación estas deberán ser protegidas con sistemas de pararrayos, y por último cuando se desee comunicar dos sub-estaciones con información se utilizará cable de guardia con fibra óptica incluida.

## **2.8. Herrajes de líneas**

### **2.8.1. Aisladores**

Estos elementos tienen la finalidad de aislar el conductor de los apoyos de soporte, su principal característica es de ser un buen dieléctrico, ya que su misión fundamental es evitar el paso de la corriente del conductor al apoyo. Las cadenas están compuestas por varios discos aislantes, que pueden ser de vidrio, loza, porcelana, plásticos, caucho, poliméricos, hule siliconado, etc., estos materiales son considerados buenos aislantes eléctricos, esto no significa que se evite el paso total de la corriente, sino que se logra que la corriente de fuga sea despreciable en todos los puntos de apoyo de la línea, la cantidad de discos por la que deberá estar compuesta la cadena o la longitud de los mismos dependerá de la potencia eléctrica transmitida. En las líneas de transmisión de alta tensión se utilizan cadenas de aisladores del tipo acoplable y articulado, esto con el fin de poder unir los discos de acuerdo a las necesidades del proyecto, las cadenas de aisladores tanto para estructuras de anclaje y de suspensión son iguales en lo que refiere a materiales y forma, sólo las diferenciará la cantidad de discos aislantes componentes de la cadena, esto quiere decir que la cadena de aisladores para estructuras de anclaje contará con mayor número de discos debido a los esfuerzos adicionales que deberá soportar. Con respecto a la posición, las cadenas de aisladores de suspensión quedarán en posición vertical, la cual será chequeada por topografía, en cambio las cadenas de anclaje quedarán en la línea de curva del conductor.

### **2.8.2. Grapas**

Estos elementos de herrajes son utilizados para mantener unidos los conductores a la cadena de aisladores, su fabricación se basa en aluminio de alta resistencia y anticorrosivo, los accesorios de unión entre grapas y cadena de aisladores, tales como pernos, tuercas, horquillas, chavetas, etc., son de material de acero galvanizado, para evitar la corrosión de éstos. Los tipos de grapas utilizados en proyectos de transmisión son dos: para suspensión y

para anclaje, la primera sólo transmitirá los esfuerzos propios del conductor más sobrecargas eventuales en el sentido vertical al respectivo punto de apoyo; en cambio la grampa de anclaje deberá soportar los esfuerzos resultantes de la fase comprometida.

### **2.8.3. Pistolín**

Corresponde al accesorio que trae la grapa de anclaje para conectar el jumper que darán la continuidad eléctrica en cada fase, en las distintas estructuras de anclaje proyectadas en la línea.

## **2.9. Conductores y cable de guarda**

### **2.9.1. Conductor**

Este elemento es el responsable de transmitir la energía eléctrica desde los distintos puntos de un sistema, en las líneas de alta tensión se utilizan casi exclusivamente conductores metálicos desnudos, que se obtienen mediante cableado de hilos metálicos (alambre) alrededor de un hilo central, esta configuración debe tener características eléctricas y mecánicas adecuadas para el fin que van a destinarse, siendo estas inalterables con el tiempo y además de presentar una resistencia elevada a la corrosión atmosférica.

Las características que deben tomarse en cuenta al momento de elegir un conductor son básicamente tres:

En primer lugar, se ha de tener en cuenta la resistencia eléctrica, ya que cuanto menor sea esta, menores serán las pérdidas por calentamiento.

El segundo factor es la resistencia mecánica, puesto que en las líneas aéreas se generan grandes esfuerzos, tanto al momento de ser montadas como a través del tiempo debido a las condiciones extremas que deberán soportar los conductores (frío, calor, viento, nieve, etc.).

En tercer lugar el aspecto económico, procurando el mínimo coste de la línea, lo que redundará en un menor coste en la construcción, y por lo tanto nos entregará mayores utilidades.

Los materiales que satisfacen estas condiciones son el cobre, aluminio, aleación de aluminio y combinación de aluminio acero, hoy en día el material utilizado por excelencia en las líneas de alta tensión es el aluminio o aleaciones de este material con acero, esto se debe a que tiene un coste levemente menor que el cobre y por las ventajas del menor peso para igual capacidad de transporte.

#### **2.9.2. Cable de guarda**

Cable para proteger la línea contra descargas atmosféricas, este puede estar compuesto de acero puro de alta resistencia o compuesto en su interior por fibra óptica, el uso de cable de guardia con fibra óptica será necesario cuando se requiera transmitir información de una sub-estación a otra.

### **2.10. Otros términos utilizados en el desarrollo del tema**

#### **2.10.1. Fase**

Corresponde a cada uno de los conductores y se designan como fase 1, 2 y 3, las que su vez configuraran un circuito eléctrico.

#### **2.10.2. Circuito trifásico**

Es el conjunto de tres fases de un sistema de transmisión, las líneas pueden contar con uno o dos circuitos, dependiendo de las necesidades de transmitir energía.

### **2.10.3. Funda**

Es el elemento o accesorio utilizado para unir el cable piloto con los conductores o con el cable de guardia. Consiste en una red de mecates que envuelve el cable, ajustándose cuando es tensada. Su ventaja es pasar fácilmente por las poleas.

### **2.10.4. Engrapado**

Corresponde al proceso de instalación del sistema de sujeción (grapas), que tienen por objeto retener el conductor o el cable de guardia a los puntos de apoyo, ya sea en las estructuras de suspensión o las de anclaje, este proceso se clasificará en dos grupos: resocado que corresponden a las grapas de suspensión y comprimidas a las de anclaje.

### **2.10.5. Flechado y tensado de cables**

Consiste en dejar los conductores o cables de guardia con la flecha establecida en el proyecto, para cada vano comprendido entre las estructuras, esto se controla por medio de las tablas de Flechado y los vanos de control definidos a priori por ingeniería de acuerdo a la topografía del terreno y las condiciones climáticas del sector.

### **2.10.6. Jumper, cuellos o Puentes eléctricos**

Corresponde a la conexión eléctrica entre los conductores de cada fase a cada lado de las estructuras de anclajes. El conductor componente del puente eléctrico debe ser de similares características al utilizado en la línea, con longitud definida en terreno de modo de mantener las distancias eléctricas normalizadas entre los conductores y las estructuras.

### **2.10.7. Poleas**

Estos elementos son usados para el tendido previo a engrapar los conductores a los puntos de apoyo definitivos, estas poleas son afianzadas en forma temporal a la cadena de aisladores, esto con el fin de minimizar daños al conductor al momento de su montaje.

### **2.10.8. Varilla Preformadas**

Corresponde a alambre de acero galvanizado, que son instalados formando una malla protectora alrededor del conductor en los puntos donde existan grampas de suspensión, esto con el fin de evitar daños en este al momento de ser apernada la grapa.

### **2.11. Clasificación de las instalaciones eléctricas**

- **Instalaciones en Baja Tensión:** son aquellas Instalaciones cuya tensión nominal de servicio no es superior a 600 V.
- **Instalaciones en Media Tensión:** son aquellas Instalaciones cuya tensión nominal de servicio está comprendida entre 601 y 24,900 V.
- **Instalaciones en Alta Tensión:** son aquellas Instalaciones cuya tensión nominal de servicio está comprendida entre 24,901 y 230,000 V.

### **2.12. Clasificación de las condiciones de operación**

Las tensiones normales de operación de las distintas zonas del sistema eléctrico nacional serán:

<b>Generación</b>	: 13.8 kV.
<b>Transmisión</b>	: 138 KV, 230 KV.
<b>Subtransmisión</b>	: 69 KV.
<b>Distribución</b>	: 13,8 KV, 24,9KV.



## **2.13. Aseguramiento de calidad**

### **2.13.1. Concepto**

Se entiende por calidad a la totalidad de las características de una entidad que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades establecidas e implícitas.

### **2.13.2. Protagonistas de la calidad**

Cada operario o empleado sabe de su trabajo más que nadie, sólo él conoce cosas que ni el encargado o superior conoce, la dirección desconoce muchas cosas que saben sus subordinados o los trabajadores de un departamento saben lo que su vecino ignora. Es por lo anterior, que la respuesta es terminante: todos somos responsables de la calidad.

Con las premisas y las respuestas anteriores es que concluimos, que para hacer cada día mejor las cosas y mejorar la calidad de los productos es necesario trabajar en equipo, ya que la meta es siempre la misma, terminar nuestro trabajo y que sea de satisfacción del cliente, otros puntos importantes son la humildad y reconocer que no lo sabemos todo y que debemos aprender del vecino, ser responsables en nuestro trabajo, entender que problemas hay siempre y que criticar es fácil, es por ello que la exposición de un problema será válida si va acompañada de alguna propuesta de solución.

### **2.13.3. Evolución de calidad**

La calidad se ha desarrollado en fases bien definidas, tal como se anunciará a continuación:

- Una primera etapa tenía la misión de verificar el cumplimiento del producto con las especificaciones establecidas, vale decir, el Control de Calidad del producto final.

- En una segunda etapa, nace la necesidad de la satisfacción de los clientes mediante la entrega de productos y servicios adecuados al uso, lo que dio origen al Aseguramiento de Calidad.

- En una etapa posterior y debido al fuerte incremento de la competitividad de los actuales mercados, se postula la idea de superar las expectativas de los clientes a través del concepto de Gestión de Calidad Total, que incluye las nociones de auto-control y retroalimentación hasta la célula productiva básica.

- 

#### **2.13.4. Importancia de la calidad en la obra**

Para que una empresa, independiente del rubro, se pueda mantener vigente en el mercado deberá asegurar a sus clientes un producto satisfactorio de acuerdo a lo convenido entre las partes, a continuación, mencionaré tres razones que constituyen aspectos motivadores en lo que respecta a Calidad:

- El ambiente empresarial actual es extremadamente competitivo, no solamente a nivel nacional, sino que a nivel internacional, esto último se debe a que nos encontramos insertos en un mundo globalizado, esto implica que no existen fronteras para las empresas, es por esto que además de cumplir con las normas nacionales se deberá cumplir también con los estándares propios de cada país, en el que se entrará a competir.

- Los consumidores de hoy en día son más exigentes con la calidad que en épocas pasadas. Ellos están dispuestos de cambiarse de una empresa a otra, no solamente con el propósito de obtener un mejor precio, sino también en busca de un mejor servicio que proporcione confiabilidad, accesibilidad y cortesía, entre otras características.

Es por lo anterior, que toda empresa que tenga como aspiración competir y estar vigente en el mercado, debe implementar un plan de calidad para sus procesos productivos.

### **2.13.5. Implementación de un plan de calidad**

Este plan de calidad deberá establecer los procesos a seguir y controles a realizar, para conseguir los niveles y estándares exigidos por las normas y especificaciones aplicables a un proyecto determinado y a su vez proporcionar la debida confianza al cliente, de que los trabajos ejecutados se comportarán satisfactoriamente una vez puestos en servicio.

Ahora analizaremos el alcance que tiene un plan de calidad, en una empresa dedicada al montaje de líneas de transmisión eléctrica de alta tensión, éste se aplicará en las actividades propias del desarrollo de ingeniería del proyecto, esto implica: topografía, construcción de fundaciones, montaje de estructuras, vestido de estructuras y tendido de conductores y las obras adicionales como construcción de caminos de acceso, franja de servidumbre, etc., además, se deberán incluir en este plan, el control de todos los materiales que se utilizarán en el desarrollo de las actividades. Una vez definidos los alcances que tendrá el plan de calidad se deberán especificar las directrices de cómo controlar las diferentes actividades.

### **2.13.6. Control de materiales**

Los materiales a emplear estarán definidos en las especificaciones que les sean de aplicación y/o en los planos de construcción. Además deberá existir una correspondencia inequívoca entre los materiales especificados y las ordenes de compras generadas para el pedido de suministro de estos. En el caso de que se considere necesario o aconsejable el cambio de algún material, se deberá elaborar un documento especial, indicando las razones del cambio y todas las especificaciones técnicas del material sustituto.

El control que efectuará sobre los aprovisionamientos para asegurar que los productos y servicios comprados, subcontratados o suministrados directamente por el cliente, cumplan con los estándares contractuales, deben ser

evaluados con procedimientos gestados para este efecto, se propone un procedimiento de compra y evaluación de proveedores y además se debe seguir las indicaciones plasmadas en el plan de calidad de la empresa.

#### **2.13.7. Control de documentación y archivos**

Aquí se describirá en líneas generales como se debe llevar el control de documentos de una obra.

Primero es necesario aclarar que por contrato, el administrador de éste es el responsable de toda la obra, por lo que le recae el compromiso de velar por el cumplimiento del plan de calidad específico del proyecto que se ejecutará.

Para mantener un mejor orden de la documentación, y cumplir con lo establecido en el plan de calidad elaborado por la empresa, se establecerán dos tipos de documentación.

#### **2.13.8. Documentación del cliente o ingeniería**

Esta documentación corresponde a memorias de cálculo, especificaciones técnicas del proyecto y planos de construcción, toda esta documentación deberá ser archivada y las copias entregadas a los correspondientes responsables de las distintas disciplinas del proyecto en cuestión. Además, se deberá llevar un registro de ésta tanto en duro como en magnético, el cual contendrá todos los datos necesarios para facilitar la búsqueda de la información deseada, tales como nombre del documento, revisión de éste y fecha de recepción por el departamento correspondiente.

Toda documentación que en algún momento sea modificada por parte de ingeniería, deberá ser reemplazada de inmediato de los archivos y retirada de terreno contra entrega de la última versión, los documentos superados en

revisión pueden ser destruidos o tachados con un timbre que los identifique como obsoletos para así evitar errores en el desarrollo del proyecto, la entrega de todo documento a terreno se efectuará llenando un protocolo de entrega de ésta, el cual debe contener como mínimo lo siguiente: fecha, correlativo, número de documento y revisión de éste, descripción del documento, número y revisión del documento que se sustituye (si aplica), nombre y firma de quien entrega y recibe, esto con el fin de tener un historial completo de la documentación enviada a terreno, además estos registros deberán permanecer archivados durante todo el desarrollo del proyecto, con el fin de que en cualquier momento puedan ser revisados por quien estime conveniente.

#### **2.13.8.1. Documentación interna**

Esta corresponde a toda la documentación generada por la empresa contratista, como solicitudes de cambio en el proyecto, protocolos de control de procesos, procedimientos ejecutivos para actividades que lo ameriten. Además, de los instrumentos creados para controlar la entrega a los jefes de áreas de documentación recibida por parte del cliente o ingeniería, aprobada para construcción; certificaciones de materiales y equipos a utilizar en la realización de los trabajos, estos instrumentos deben estar firmados como conformes por quienes corresponda.

#### **2.13.9. Control de procesos**

Esto corresponde al control de cada uno de los diferentes procesos que implica la construcción de una línea de transmisión, se realizará mediante protocolos o registros de control para cada torre en particular y para cada vano de control establecido por ingeniería para el caso de tendido de conductores de la línea, estos documentos de control de procesos deben ser completados y firmados por el responsable de la actividad que en ellos se contempla.

Además se deberán establecer procedimientos ejecutivos escritos, cuando la complejidad del proceso o la dificultad de realizar ensayos finales lo requiera, estos procedimientos deberán ser presentados previamente al mandante para su aprobación, una vez visados por este deberán ser leídos a todo el personal involucrado en las tareas para toma de conocimiento.

Toda la documentación antes expuesta debe ser manejada de tal forma, que sea de fácil ubicación para cualquier persona que quiera consultarla, por otra parte es necesario dejar claro que los registros de control de procesos deberán ser entregados al cliente una vez finalizado el contrato con las firmas de los responsables de las distintas actividades, control de calidad de la empresa y además por el visto bueno de la inspección de obra.

#### **2.13.10. Control de no conformidades**

Para este efecto es necesario definir las directrices para regular las no conformidades del cliente, control de productos no conformes por parte de proveedores, trabajos mal ejecutados por sub-contratistas o propios ejecutores de la empresa, etc., y por otro lado las acciones correctivas y preventivas para estas no conformidades.

#### **2.13.11. Control de calidad de los trabajos en una línea de transmisión eléctrica**

A continuación, se enunciará como se lleva el control de procesos y verificación de la calidad en las tareas involucradas en la construcción de una línea de transmisión eléctrica:

- Se deberá contar en cada frente de trabajo con supervisores idóneos según especialidad, para controlar todas las actividades relacionadas.

- Se deberá mantener una comunicación fluida con la inspección de obra, para solucionar problemas tanto de interpretación de la documentación aplicable, como de problemas técnicos presentados en los frentes de trabajo.

- Esa relación se documentará en forma oficial por medio de órdenes de servicio, notas de pedido y actas entre ambas partes o a través de alguno de los medios empleados para este tipo de tareas.

- Se estudiarán los problemas técnicos que aparezcan en la obra para emitir las correcciones que correspondan. Al respecto se implementará todo el apoyo técnico que resulte necesario. Todos los problemas técnicos que se presenten en obra deberán ser comunicados a la coordinación de obra a efectos de tenerlos en cuenta en la revisión de la ingeniería de detalle y en la conducción general del contrato.

- Se realizará el seguimiento y control pormenorizado de la ejecución de la obra, a fin de lograr que se cumpla con las especificaciones del cliente y los plazos previstos para su ejecución.

- En consecuencia, se deberá prever visitas a terreno, por personal de la coordinación de obra y/o ingeniería, según necesidad a determinar en función de la índole de los problemas a resolver, de las cuestiones a aclarar o estudiar y de los eventuales pedidos que formule el inspector de obra.

- De esta forma, se estima, estarán permanentemente controlados todos los aspectos de las obras, y se podrá tomar conocimiento directo de los problemas técnicos y administrativos que se vayan presentando y así dar efectivo apoyo a la ejecución de las obras. Como así mismo, se podrá tomar conocimiento en el emplazamiento de eventuales inconvenientes que dificulten el avance de las obras pudiendo informarse al mandante en forma rápida y concreta para eventuales medidas correctivas, que por su naturaleza, deban estar a cargo de éste.

- Con respecto al control que los responsables de obra efectuarán durante su ejecución, se hará especial hincapié en los replanteos, en la verificación dimensional, en la calidad de ejecución (empleo de herramientas y equipos adecuados y personal calificado para la complejidad de la tarea asignada), en la utilización de los materiales que correspondan y su certificación de calidad, y en la supervisión de construcciones, montajes, cableados, conexiones y ensayos para las tareas que lo ameriten.

- Se implementará un control diario a fin de que se mantenga en el emplazamiento las dotaciones necesarias de personal jerárquico, capataces y obreros, así como toda maquinaria, herramientas y equipo pesado en general, necesario para desarrollar la obra según la programación vigente, conjuntamente con detalles informativos sobre cuestiones singulares como accidentes de trabajo, retiro del personal por enfermedad, inconvenientes de tipo general para el desarrollo conjunto de las tareas, etc., de modo de informar al mandante sobre los posibles atrasos en la obra.

- Los responsables en los distintos frentes de trabajo elevarán a la coordinación de obra, informes semanales sobre el avance de éstas, enunciando los problemas que se vayan presentando. Estos informes serán sintéticos y precisos y contarán, cuando sea necesario, con fotografías color de labores o aspectos significativos de las obras. Los cuales deberán ser guardados en orden cronológico por la coordinación de obra, hasta la finalización de los trabajos.

- Se controlará la realización adecuada de las diversas actividades que se efectúen en el emplazamiento, como ser operaciones de carga y descarga de materiales y/o equipos, trabajos de desembalaje y eventual reconstrucción parcial o total de embalajes, la correcta estiba y almacenamiento de materiales y equipamientos, así como también su traslado y preparación dentro del predio de la obra antes de ser instalados.



- Se controlará permanentemente la toma de muestras, la realización y los informes y conclusiones de los ensayos de materiales para las obras civiles, como así también los correspondientes a la compactación de terrenos y muestra de los concretos utilizados en las fundaciones.

- Se preparará y emitirá después de la puesta en servicio, toda la documentación “Conforme a Obra” del Proyecto de Ingeniería y de las provisiones. Para esta tarea se establecerá, al iniciarse el contrato, los procedimientos para poder elaborar en forma adecuada y progresiva toda la actualización de la documentación con la categoría “Conforme a Obra”, para su presentación final.

- Se verificará el cumplimiento de normas y resguardo de las instalaciones existentes, donde ello sea necesario, que deban desmontarse para el desarrollo de los trabajos (cruce de caminos, acople de estructuras, pórticos, interferencias con líneas de transmisión eléctrica perteneciente a terceros, líneas aéreas de menor tensión, líneas telefónicas, etc.).

- Se controlará las progresivas de los distintos tramos que la componen, la cota de colocación, el estado de la cama de asiento, y el estado y compactación del material de relleno.

- Durante el montaje de las estructuras, se controlará el adecuado almacenamiento de ésta al pie de su fundación, a efectos de evitar deterioro del galvanizado.

- Se tendrá especial atención en el control del manipuleo de este material con el objeto de minimizar el deterioro del galvanizado, producido por golpes y/o punzonamiento, durante el posicionamiento de los elementos que componen las estructuras.

- Se constatará el aplome y giro de las estructuras mediante control topográfico, asegurando que las mismas cumplan con las tolerancias requeridas.

- Se deberá chequear aleatoriamente por medio de llave torquimétrica el apriete de los pernos que conforman la estructura.

- Se controlará que las cadenas de aisladores de suspensión y retención sean armadas en el suelo sobre maderas que la protejan y no en la estructura.

- Se deberá tener especial cuidado al momento en que se ejecuten las tareas de tendido de conductores, para evitar que estos sean maltratados a priori al tendido, el conductor jamás debe tocar el suelo y si es inevitable hacerlo se deberán colocar elementos de madera para su apoyo.

- Se deberá asegurar que el conductor sea tendido en primera instancia sólo en poleas, para facilitar el acomodamiento de sus hebras, con el fin de lograr su alargamiento inicial.

- La verificación de tendidos y flechas se realizará mediante control topográfico, contrastando la temperatura ambiente con la indicada en las “tablas de tendido” correspondientes, tanto para conductores como para cable de guardia ya elaboradas en función de las premisas de cálculo, estados de carga y viento calculadas previamente por ingeniería.

## **CAPITULO III**

### **3.1. Procedimientos de construcción de líneas de transmisión eléctrica**

En este capítulo se entregará información al lector, en forma general, de cómo debe enfrentarse a trabajos de construcción de líneas de transmisión eléctrica, esto se refiere a las obras civiles, montaje y tendido de conductores. Es necesario complementar este manual con las actividades anexas a la construcción propia de la línea, tales como, construcción de caminos de acceso a la obra y la franja de servidumbre que ocupará el trazado de la línea, lo anteriormente expuesto se llevará a cabo por medio de una metodología basado en procedimientos utilizados en obras de esta naturaleza.

### **3.2. Convenios y relaciones con propietarios y terceros afectados**

El alcance que se busca al incluir este tema en este documento, es informar sobre las relaciones que debe mantener el constructor con los propietarios de los predios afectados por la ejecución de las obras del contrato y el uso de los derechos y servidumbres adquiridos por la empresa dueña de línea u otorgada a ella por la legislación vigente.

El contratista deberá organizar los trabajos de tal forma que se minimicen los daños en los predios afectados con la construcción de las obras.

Los costos de la franja servidumbre, definida en los planos del proyecto, serán responsabilidad de la empresa Dueña de la Obra y no del contratista, a menos que se trate de una línea a concesión. En caso, de que el Dueño no llegase a acuerdos con los propietarios, se deberá tomar las acciones permitidas por la Ley de la industria Eléctrica, para obtener el acceso a los predios en cuestión y el libre ejercicio de sus derechos.

El dueño deberá entregar al contratista una lista de todos los predios afectados y sus correspondientes propietarios, como también los alcances de los convenios derivados en el contrato suscrito con ellos. El alcance de los convenios suscritos entre la empresa dueña de la Obra y los propietarios de los predios, afectados por la franja de servidumbre, cubrirá en general los derechos que otorga la Ley General de Servicios Eléctricos al concesionario, para establecer, operar y explotar líneas de transporte de energía eléctrica; en algunos casos, estos contendrán limitaciones fijadas por el propietario, las cuales deberán ser respetadas por el contratista. En caso de que el contratista no acate estos convenios, los daños y perjuicios serán de su exclusiva responsabilidad.

Para estos efectos, tales convenios abarcarán solamente la franja de servidumbre definida en los planos del contrato, por lo que el contratista sólo podrá efectuar trabajos indispensables para la ejecución propia de las obras del contrato, y no está autorizado a hacer uso de la franja de servidumbre para asentamiento de campamentos u otras instalaciones accesorias, excepto que por su cuenta convenga con el propietario la ocupación de terrenos para estos efectos.

Cuando la franja de servidumbre quede lejos de los caminos de uso público, será responsabilidad del contratista llegar a acuerdos con los propietarios para construir dichos accesos y los costos de estos serán absorbidos por éste.

Durante la ejecución de los trabajos de construcción de la línea y cuando se deban intervenir otras líneas de propiedad de terceros, cruces de caminos públicos o particulares, líneas de tensiones menores, líneas telefónicas, el contratista deberá solicitar permiso para intervenir en ellas y acordar las fechas y horarios en que podrán realizarse los trabajos, para de esta manera, minimizar perjuicios a los propietarios o usuarios de estos servicios. Se deberá dejar claramente establecido que los costos ocasionados por los daños en

las instalaciones intervenidas serán de exclusiva responsabilidad del contratista. Además, cuando se trate de intervenir instalaciones energizadas, como es el caso de sub-estaciones, se deberá solicitar autorización mediante una carta a los responsables del área, confeccionar un permiso de trabajo seguro, detallando los responsables de las maniobras, los trabajos que se realizarán y los riesgos asociados a éstos. Para tales efectos existen protocolos y procedimientos de obligatoriedad indicados por las Empresas Distribuidoras de Energía, concesionadas en el País, “Procedimiento de trabajos en Redes bajo descargos o en Tensión”.

### **3.3. Roce y despeje de franja de servidumbre**



Figura 8. Corte y tala de Brecha forestal en cultivos de caña

Para todos los trabajos relacionados con el roce y despeje de la franja de servidumbre, el Contratista debe respetar, acatar y cumplir todas las medidas de prevención, compensación y mitigación establecidas en los Estudios de Impacto Ambiental y Autorizaciones Ambientales donde se ejecuta la obra, y tomar todas las medidas razonables para proteger el medio ambiente en el terreno de las obras y sus alrededores, para lo cual se debe atener a todas las normas vigentes sobre la materia y a las instrucciones que impartan el Regente forestal del Dueño en mutuo acuerdo con el Regente forestal representante del contratista.

El contratista deberá previo a los trabajos, demarcar esta franja de roce, basándose en las indicaciones dadas en los planos del contrato y la aprobación de la inspección. También se deberán marcar aquellos árboles, que aun estando fuera de la zona del roce, representen peligro para los conductores de la línea.

Dentro de esta franja está autorizada la tala de árboles y arbustos cuyas alturas superen los 4 m., en caso de quebradas donde la distancia de la copa de los árboles al conductor, considerando su flecha máxima, supere los 15 m. se deberá evitar el roce de éstos. En sectores donde serán montadas las estructuras se despejará la vegetación tanto alta como baja, las dimensiones mínimas exigidas son 30 m. x 40 m., en las estructuras de anclaje y 15 m. x 15 m., en las estructuras de suspensión.

Se deberá evitar hasta donde sea posible la destrucción de la vegetación y evitar en todos los casos la contaminación de las aguas. Se deberá restituir a su cauce natural los cursos de agua que debido a los trabajos hayan sido temporalmente desviados, empastar o reforestar el terreno natural que haya sido removido, etc.

En lo referente a la compensación forestal, deberá atenderse a la legislación vigente en Nicaragua, que se ejecuten las obras y a lo establecido en los Estudios de Impacto Ambiental y Autorizaciones Ambientales respectivas.

El propósito de dejar los troncos y raíces, es para evitar procesos de erosión que puedan comprometer la estabilidad tanto del terreno como de las estructuras que se montarán.

### **3.4. Medidas de protección contra incendios forestales**

A continuación se entregarán en forma general algunas pautas a seguir para evitar percances en labores de roce:

- Se deberá instruir al personal a cargo de las labores, sobre los riesgos que implican éstas y las nociones básicas respecto al comportamiento del fuego y los métodos de combate de incendios forestales.

- Considerando que en faenas de roce es necesario utilizar motosierras, las que usan para su funcionamiento combustibles altamente inflamables, se deberá instruir la personal sobre su traslado, manipulación y adecuado almacenamiento, esto implica que deberán ser trasladados a los puntos de faena en recipientes de volumen pequeño y seguro, y las recargas de las motosierras deberán hacerse en lugares desprovistos de vegetación en un radio no menor a 10 m. y cuidando de producir derrames de combustible.

- Los trabajadores involucrados en las tareas de roce, tienen prohibido fumar durante la ejecución de los trabajos en sectores con vegetación cercana y por ningún motivo podrán encender fogatas en el área comprometida.

- El personal responsable de la supervisión deberá tener consigo equipos de comunicación, con el propósito de informar de inmediato cualquier emergencia que se pudiese producir durante las labores.

- Dentro de la organización del contratista, se deberá contar con un experto en prevención de riesgos, este profesional tendrá por misión recibir información de las cuadrillas de los distintos frentes, instruirlos, coordinar con personal de la comisión de higiene y seguridad ocupacional, para solicitar la participación de brigadas profesionales de combate de incendios, con el fin de proceder de una forma efectiva en caso de producirse una emergencia.

- El personal que trabaje en la franja de servidumbre, deberá estar equipado con las herramientas propias para efectuar las tareas encomendadas y con herramientas básicas para un combate inicial de un incendio. Estas deberán encontrarse en los vehículos, en cajas seguras, de modo que puedan ser usadas de inmediato ante cualquier emergencia.

- Todos los desechos del tipo vegetal, deberán ser apilados ordenadamente para luego ser retirados a lugares provistos por el propietario, queda prohibido la quema de éstos en los lugares de la faena.

- En caso de producirse un siniestro, el personal más cercano dará aviso de inmediato a sus supervisores, entregando los antecedentes que sean necesarios, tales como el tipo de combustible que se está quemando, la cantidad y los recursos amenazados, disponibilidad de agua en la zona para el combate del fuego, vías de acceso y evacuación y estimación de la superficie afectada hasta el momento, y en especial si se requiere de más personal para el combate.

- El personal que se encuentre fuera del radio de peligro deberá acudir de inmediato construyendo una línea de control del fuego. La persona encargada de coordinar este tipo de emergencias deberá dar aviso de inmediato al MARENA y a la Dirección general de Bomberos de Nicaragua (DGBN), para que esta institución tome conocimiento de lo que sucede y haga las evaluaciones necesarias.

Todas las recomendaciones anteriores deberán estar plasmadas en los documentos generados, previo a la ejecución de cualquier trabajo (procedimientos de trabajo seguro, análisis de riesgo de trabajo, permisos de trabajo).

### **3.5. Construcción de cercos en franjas de servidumbre**

En caso de que los árboles o arbustos rozados constituyan cercos naturales de separación de potreros o predios, o en cualquier lugar que se hayan eliminado cercos existentes, el contratista deberá reponerlos por cercos de estacas y alambre de púas.

Las estacas tendrán una escuadría no menor a 3" x 3" o rollizos de 4" y 2.2 m. de altura, las cuales serán enterradas 80 cm., y a una separación no mayor a 2.5 m., con cuatro corridas de alambres de púas. Esto suele depender del tipo de cerco existente en la zona, por lo general el mejor método de reposición es informando al dueño de la propiedad cuyo cerco fue dañado o removido a causa de la Obras, y se llega a un acuerdo del tipo, método y tiempo en que se le realizaran las respectivas reparaciones.



### **3.6. Caminos de accesos a líneas de transmisión**

Todos los caminos de acceso, tanto a la línea como a las torres, serán de responsabilidad del contratista y tomados en consideración al momento de la planificación y oferta del contrato, por lo que deberá tener todos los permisos necesarios para la ejecución de ellos y la aprobación de la Supervisión. Estos caminos podrán derivar tanto de la carretera, como de caminos de interiores de uso público o privado.

Los caminos de acceso, deberán contar con todas las obras necesarias, puentes, alcantarillas, badenes, drenajes y además portones de acceso, para asegurar la calidad mínima para el transporte sin riesgo del personal, equipos y materiales, a los frentes de trabajo. También se debe tener la precaución de que la construcción de estos caminos no signifique un riesgo a la estabilidad de las torres, producto de la erosión del suelo por el escurrimiento de las aguas superficiales, sobre todo si éstas están ubicadas en laderas.

El contratista deberá hacer los trámites correspondientes con los dueños de caminos privados, respecto al uso de éstos durante el período de faenas, y al terminarlas deberá entregarlo en las mismas condiciones o mejores que como los encontró al comienzo de ésta.

Además como compromiso ambiental, el contratista deberá hacer el menor daño posible a la estructura del camino como a su paisaje, manejando una política de tiempo completo en cuanto a no vertido de basura ni desperdicios de construcción.

### 3.7. Replanteo topográfico

#### 3.7.1. Aspectos generales



Figura 9. Replanteo topográfico con estación total

La topografía abarca un conjunto de técnicas de las cuales sólo algunas son utilizadas para el replanteo en una obra de ingeniería, en mucho de los casos estas técnicas son generalmente sencillas, pero no quita que se apliquen con el máximo rigor científico, puesto que el resultado incidirá en gran medida en el posicionamiento final de los diversos elementos geométricos proyectados.

La experiencia profesional ha enseñado que un replanteo mal ejecutado y erróneo puede afectar tanto en el costo económico, como retrasar la ejecución normal y menguar la calidad final de las obras.

Con respecto a las técnicas propuestas, con el correr de la historia de la topografía, existen muchas que al paso de los años se han vuelto obsoletas, pero es de vital importancia su estudio, ya que pueden ser utilizadas en casos concretos. Por otra parte, un profesional debe manejar todos los recursos que estén a su alcance para resolver cualquier problema que se le presente con soluciones rápidas y eficaces, ya sea con los modernos equipos o con los clásicos y modestos utilizados en el pasado.

Con respecto al concepto de replanteo, este es la materialización en el terreno, en forma adecuada e inequívoca de los puntos básicos que van a definir un proyecto, se entenderá por proyecto como el conjunto de documentos escritos, numéricos y gráficos (planos), que se utilizan para construir una obra de ingeniería.

Los puntos básicos a los cuales se hace mención, son aquellos puntos mínimos necesarios para definir los elementos que conforman el proyecto y que se desean replantear, en otras palabras son puntos de inflexión o de referencia (P.R.), los cuales en algunos casos se encuentran físicamente en terreno, ya sea materializados con estacas de madera o monolitos de concreto, donde se indican sus coordenadas y cota, estos datos también aparecerán en los planos básicos de ingeniería, por lo cual antes de comenzar un replanteo y apoyarse en estos puntos básicos, se debe realizar un chequeo de éstos, para comparar los datos de los planos vs los reales u obtenidos en terreno.

Para finalizar con el concepto de replanteo, podemos decir que este es la operación inversa del levantamiento, ya que en este último tomamos datos del terreno para confeccionar un plano, en el replanteo tomamos datos de un plano para situarlos sobre el terreno, por lo que podemos concluir que el replanteo tiene por finalidad emplazar sobre el terreno aquellos elementos distribuidos en un plano y controlar su ejecución hasta que éstos estén terminados.

Para realizar un trabajo de replanteo es necesario utilizar varios tipos de instrumentos, dependiendo de los trabajos a realizar y de la precisión que estos demanden, variará la tecnología que se utilice, entre los instrumentos más conocidos para la medición angular se encuentra el Teodolito; para las medidas lineales los más conocidos son las cintas métricas y los distanciómetros, aunque parece anticuado hablar de cintas métricas hoy en día existiendo métodos más sofisticados para realizar medidas lineales, aun se utilizan y muchas veces con mayores garantías que los aparatos electrónicos que existen en el mercado, además el costo es una razón de peso para que sigan vigentes a pesar de los avances tecnológicos.

También los hay combinados como las estaciones totales, éstas van en función de que el teodolito y el distanciómetro estén integrados en un sólo aparato o no, el uso de un tipo de instrumento u otro va a depender directamente de los recursos económicos disponibles por parte de la empresa y de la precisión que se desee.

Los equipos del tipo electrónico como lo son las estaciones totales, tienen una ventaja comparativa con respecto a los convencionales, debido a su tratamiento informático, esto se debe que estos aparatos vienen con software incorporados, con lo que los datos al ser almacenados en una libreta electrónica, contenida en el equipo, permite traspasarlos a una computadora normal, con lo que se evitan errores de lectura y transcripción de los datos obtenidos, y además nos permite modelar la información en forma rápida y precisa en el ordenador para poder darnos cuenta a tiempo de posibles errores los trabajos ejecutados.

En la verificación de cotas de los puntos se utiliza comúnmente los niveles del tipo clásico o mecánicos, pero si se desea mayor precisión en las lecturas utilizaremos equipos automáticos o de precisión.

También queremos mencionar algunas variables que pueden alterar los trabajos en un replanteo, como la escala de los planos bases, errores en los acotamientos en estos, la calidad de impresión de los planos, características topográficas del terreno, el mal uso de los instrumentos disponibles y errores de lectura y transcripción de datos, por lo que es de vital importancia ante cualquier duda revisar bien la información con la que se cuenta, para evitar pérdidas de tiempo y costos innecesarios.

### **3.7.2. Trabajos propios de replanteo en líneas de transmisión**

Una vez adjudicada la oferta de la empresa contratista recibirá un juego de documentos, como planos, memorias y especificaciones técnicas del proyecto, muchos de estos documentos son de carácter de licitación, otros emitidos para aprobación y otros aprobados para construcción, con estos últimos es que se tiene la base para poder comenzar las labores, mientras los demás siguen su proceso hasta llegar a ser aprobados para poder construir, es aquí donde el primer equipo humano que entra en acción es el de topografía, son los que materializan los puntos donde se fundarán las futuras estructuras, además será responsabilidad de este equipo determinar si los puntos indicados en los planos básicos, emitidos por ingeniería, son correctos, o si es necesario realizar modificaciones, debido a incongruencias de lo proyectado con lo existente en terreno.

Como se había mencionado anteriormente, en todo proyecto de ingeniería existen puntos de referencia (P.R.), a los cuales se amarrará el topógrafo encargado de realizar los trabajos de replanteo del proyecto, estos puntos tienen sus coordenadas y cotas respectivas, con lo que se deberá hacer el chequeo previo antes de comenzar a fijar los puntos de las estructuras, una vez terminado el chequeo y aprobado por la Supervisión se autoriza comenzar a replantear la línea.

Las líneas de transmisión cuentan con tramos rectos y deflexiones, en adelante las deflexiones las denominaremos ángulos, a estos puntos de la línea se les considerará inamovibles en la ejecución del proyecto, a menos que por causas justificadas y previa aprobación de la Supervisión se autorice su desplazamiento, eso sí en lo posible evitando cambios al proyecto original, esto se refiere a aumentos de obras y materiales. El departamento de topografía de la empresa contratista a cargo de la ejecución deberá definir, previo a la ejecución de las labores de replanteo, las directrices de cómo se controlarán

los trabajos con la supervisión, generalmente se define que una vez replanteado un tramo entre ángulos se generará un reporte en libreta de campo, que contendrá la información necesaria para individualizar cada estructura contenida entre estos, esto quiere decir número y tipo de estructura, coordenadas Norte, Este, Cota, distancia parcial y acumulada, toda esta información debe ir comparada con la teórica, este reporte será enviado a aprobación de la supervisión y una vez dado el visto bueno, recién se dará la aprobación para comenzar con la etapa siguiente.

El equipo de topografía a cargo del replanteo deberá colocar en los puntos de cada estructura proyectada una estaca, de ahora en adelante estaca central, la que deberá estar rotulada con cota, número y tipo de estructura que a futuro se fundará en ese lugar, será de exclusiva responsabilidad del contratista mantener estas estacas durante toda la ejecución de obras civiles correspondientes a las fundaciones. Por lo general, esta estaca es un monolito de concreto de cara superior de 20x20 cm para los ángulos y debe quedar no más de 10 cm. por sobre el terreno natural y estacones de madera de escuadría 3x2" ó 2x2" para las estructuras de suspensión.

El contratista deberá tener una oficina técnica, en la que se encuentran todos los documentos del proyecto para ser consultados por los responsables de terreno, entre ellos una planera con todos los documentos gráficos (planos) de la construcción de dicha línea en su última versión, por lo que el profesional encargado de la topografía está obligado a indicar cualquier modificación hecha en terreno, con respecto a proyecto, se recomienda que las modificaciones sean hechas con un lápiz de color rojo, además el responsable deberá indicar sus iniciales y la fecha en que los ejecutó, ya que estos cambios deberán estar reflejados al finalizar el proyecto en los planos AS-BUILT y que se deberán entregar al Dueño, también será necesario indicar si en el terreno hubieran caminos, canalizaciones, líneas eléctricas, cruces de ríos, etc., que no aparecieran en los planos básicos del proyecto.

Una vez aprobado el tramo reportado, se podrá continuar las obras de trazado de las excavaciones, en las cuales uno de los ejes de ésta coincide con el eje longitudinal de la línea y el otro es perpendicular a éste, para el caso de las estructuras de suspensión, en el caso de las excavaciones para estructuras de anclaje, uno de los ejes coincidirá con la línea del ángulo bisector de la deflexión que en este punto sufre el trazado y el otro es perpendicular a éste, para estos trabajos el topógrafo deberá apoyarse con estacas auxiliares que saldrán a partir de la estaca central materializada en el replanteo.

### **3.7.3. Tolerancias en la ubicación de las estructuras**

El contratista deberá ubicar la estaca central de cada estructura dentro de la tolerancia y requisitos mínimos que se indican a continuación:

- La variación máxima de la distancia longitudinal, entre una estructura y cualquiera de los vértices del tramo en cuestión con respecto a lo indicado en los planos del perfil longitudinal del proyecto, será de  $\pm 1$  m. siempre y cuando la cota del terreno en la nueva ubicación de la estaca central no quede más de 0.2 m. por debajo de la ubicación original.
- La variación máxima de la longitud de vanos, no deberá exceder de 0.2 m., con respecto a lo indicado en los planos de perfil longitudinal del proyecto.
- Las tolerancias antes mencionadas, no son aplicables a los vértices de la línea, por lo tanto el contratista deberá considerarlos como inamovibles.
- En caso que con las limitaciones y condiciones que se indican en las especificaciones y otros documentos del contrato no se encuentre una ubicación satisfactoria, el contratista deberá comunicarlo a la Supervisión. y propondrá una solución de acuerdo a su experiencia.

- En general las estructuras deberán quedar fundadas en terreno firme y estable, sin peligro de alteración posterior del terreno de fundación.

Las estructuras deberán ubicarse de modo que ninguna parte de ellas quede a una distancia inferior a la indicada en los planos.

Una vez terminados los trabajos de trazado de fundaciones y al igual que en el caso anterior, aprobados por la Supervisión de obras, se procede a comenzar los trabajos de excavación para las fundaciones.

#### 3.7.4. Excavaciones para fundaciones

### 3.8. Tipos de suelos según clasificación



Figura 10. Niveleado y excavación para bases de torre

Los suelos en los cuales quedarán fundadas cada una de la distintas estructuras componentes de la línea, se clasificarán según uno de los 7 tipos de suelos que a continuación se describen, cualquier tipo de suelo distinto se deberá indicar en las especificaciones técnicas particulares, o en los planos del contrato.

- **Suelo tipo 1:** Roca sana, moderadamente agrietada, que puede estar cubierta por una capa de suelo de cualquier otro tipo de un espesor no mayor de 1.5 m. o los dos tercios de la profundidad de la excavación.



- **Suelo tipo 2:** Roca muy agrietada, roca parcialmente descompuesta, gravas o arenas limpias o con finos, pero cementados, que pueden estar cubiertas por una capa de suelo tipo 3 o 4 de un espesor no mayor de 1.5 m. o los dos tercios de la profundidad de la excavación. Nivel freático bajo el desplante de fundación.

- **Suelo tipo 3:** Roca totalmente descompuesta de consistencia firme, gravas limpias de compacidad media y alta, gravas arcillosas o limosas firmes, que pueden estar cubiertas por una capa de suelo tipo 4, de un espesor no mayor de 1.5 m. o los dos tercios de la profundidad de la excavación. Nivel freático máximo bajo el desplante de fundación.

- **Suelo tipo 4:** Roca completamente descompuesta de consistencia media, gravas limpias y sueltas, arenas, gravas finas y arenas arcillosas o limosas, limos o arcillas de consistencia media o firme. Nivel freático bajo el desplante de fundación.

- **Suelo tipo 5:** Corresponde a un suelo del tipo 2, cubierto por una capa de otro tipo de suelo, de un espesor no mayor de 1 m. o la mitad de la profundidad de la excavación. Nivel freático a cota de fundación o sobre esta.

- **Suelo tipo 6:** Suelos tipo 3 o 4, con nivel freático a cota de desplante de fundación o sobre esta, los que pueden estar cubiertos por otro suelo de un espesor no mayor de 1 m. o la mitad de la profundidad de enterramiento de éstas.

- **Suelo tipo 7:** Arenas arcillosas o limosas y limos o arcillas de consistencia media o blanda. Nivel freático a cota de desplante de fundación o sobre ella.

Por lo general, de acuerdo a los estudios geotécnicos realizados en la trayectoria de la línea a construir, se diseñan estructuras para dos grupos de suelos, considerando siempre el suelo de capacidad de soporte más desfavorable, esto implica que en los planos diseñados por ingeniería vendrán dos tipos de fundaciones para las estructuras de anclaje y dos para las estructuras de suspensión, con lo que se deja a criterio tanto de la supervisión, como de la empresa contratista de definir qué tipo de fundación se utilizará en cada caso, de acuerdo a la estratigrafía observada en terreno. Esto se debe a que entre una calicata y otra puede existir un cambio considerable del tipo de suelo.

En caso de que alguna estructura quedase apoyada en suelos de baja capacidad de soporte que no pueda incluirse, a juicio de la Supervisión, en esta clasificación deberán realizarse los estudios necesarios para definir la capacidad de soporte del suelo y posteriormente efectuarse el diseño de una fundación especial que satisfaga las condiciones de estabilidad requeridas.

En la etapa de excavaciones para las estructuras, es de mucha importancia el criterio y experiencia del Ingeniero a cargo de los trabajos y la total comunicación con la supervisión de la Obra, debido a que los diseños que normalmente son aprobados para la Obra y replanteados se realizan en base a promedios de sondeos o calicatas realizadas en la etapa de Estudio, no necesariamente ubicadas en la zona exacta de la futura excavación o cimentación. Por lo que es necesario una valoración en situ de cada una de las excavaciones, para observar y cerciorarse si el tipo de fundación propuesto es acorde al suelo encontrado, en los casos en que el suelo encontrado al momento de la excavación sea diferente al proyectado en el diseño, es responsabilidad del contratista realizar las notificaciones y propuestas de cambio al supervisor, este deberá tomar en cuenta el criterio tomado por el Contratista y validar si la información o propuesta enviada es acorde a los principios y especificaciones de la Obra, y realizar los ajustes necesarios, siempre tratando de no incurrir en cambios sustanciales a menos que las circunstancias lo amerite.

### **3.9. Tipos de fundaciones**

#### **3.9.1. Fundaciones normales**

Son aquellas fundaciones que quedarán apoyadas en algunos de los tipos de suelos descritos anteriormente, en las especificaciones técnicas particulares o en los planos del proyecto, también se incluyen en este grupo aquellas fundaciones normales, que debido a condiciones locales del terreno, es necesario modificar su diseño para adaptarlas.

#### **3.9.2. Fundaciones especiales**

Son aquellas fundaciones que quedarán apoyadas en un suelo que no cabe dentro de la clasificación de suelos para fundaciones normales, ya sea por baja capacidad de soporte de este o por sugerencia directa de la Supervisión.

También se les considerará como fundaciones especiales cuando una estructura quede muy cerca del cruce de un río, por lo que se considera un riesgo de socavaciones del terreno, por esta razón se deberán diseñar fundaciones especialmente para este caso, tomando en cuenta las máximas crecidas de las aguas.

#### **3.9.3. Preparación de la superficie de fundación**

Previo a la construcción e instalación de las fundaciones, se deberá realizar en cada ubicación de éstas la limpieza del terreno, la que consiste en la remoción de la capa vegetal y demás elementos que entraben las operaciones propias de las excavaciones.

En caso de hacerse necesario se deberá nivelar el terreno para apoyar la estructura, esto deberá realizarse de manera tal que no se alteren las condiciones de drenaje superficial y no dejar zonas que a futuro comprometan la

estabilidad de la estructura, además se debe tener en cuenta las tolerancias indicadas para la ubicación de la cota de la estaca central.

Cuando las patas de la estructura queden en pendientes suaves y no se considere estructuras de patas distintas, se deberá cortar el terreno para evitar demasiado movimiento de tierra en la excavación, y luego al rellenar se llegará a la cota de terreno final proyectada, esto implica que se deberá tomar una cota media para excavar, entre la estaca central que controla los niveles de desplante de fundación y los desniveles propios de las patas a fundar.

#### **3.9.4. Consideraciones previas a las excavaciones**

Toda excavación para una torre de alta tensión debe cumplir con el siguiente Procedimiento por parte de los supervisores y responsables de la obra.

**Verificación de la ubicación:** antes de comenzar las excavaciones inherentes a la construcción de fundaciones para una línea, el equipo de topografía deberá chequear minuciosamente la ubicación exacta de las estructuras a fundar, para ello se debe contar con la recepción de la estaca central de cada torre. Esta estaca debe estar obligatoriamente materializada en cada estructura a construir, además de contar con las estacas auxiliares para verificación de trazados y ejes.

**Trazado:** Esta tarea corresponde a personal de topografía, y deberán hacerlo de acuerdo a planos de fundaciones correspondientes al punto en particular, además deberán materializarse estacas auxiliares para poder dar las cuadraturas correspondientes a cada pata de la torre.

**Seguridad:** El contratista está obligado a dar a conocer el procedimiento de trabajo seguro, a todos los trabajadores involucrados, antes de comenzar las labores de excavaciones. Por otro lado, debe dotar al personal de los elementos de protección personal, herramientas y equipos necesarios para la ejecución de las obras y restringir el área de trabajo a personal no autorizado, esto último se controlará con una charla diaria de cinco minutos, donde se

informará de los trabajos que se realizarán y los riesgos inherentes a ella, luego de finalizada la charla los trabajadores deben proceder a firmar dicho documento, con lo que se controlará al personal autorizado en el área.

**Condiciones climáticas:** En caso de presentarse condiciones climáticas adversas (lluvias torrenciales, tormentas eléctricas etc.), que creen condiciones de riesgo a los trabajadores y a los equipos involucrados, se dará la orden a los supervisores directos para la paralización temporal de las obras, hasta superada la situación.

### **3.9.5. Trabajos propios de excavación**

**Inicio de excavaciones:** Iniciar las excavaciones por los bordes, utilizando como referencia las estacas de los cantos de los fosos, colocadas por el grupo de topografía, en caso que el supervisor o jefe de terreno de obras civiles, así lo disponga se procederá a excavar considerando taludes de acuerdo al ángulo natural de reposo del terreno, para así evitar desmoronamiento de las paredes de la excavación y condiciones de riesgo dentro de la obra.

**Cumplimiento del proyecto:** Se deberá en lo posible respetar la geometría de la excavación del proyecto, de acuerdo al tipo de fundación a construir, así se evitará sobre excavaciones y retrasos en las tareas posteriores, esto se logra controlando la profundidad de excavación indicada por el equipo de topografía.

**Depósito de material excavado:** El material excavado será retirado de la excavación y depositado a una distancia prudente a modo de tener un libre acceso a la excavación, evitar caída de material al interior del foso y además facilitar posteriormente la manipulación de los stub, armazones y si es necesario el acceso de materiales para ademar la excavación. La distancia mínima de acopio de material al lado de la excavación se considera de 0.6 m. y además debe ser mayor a la mitad de la profundidad de la excavación.

**Método y equipo:** El método y equipo a ser utilizado dependen del tipo de material a excavar, condiciones de acceso al lugar de trabajo. Básicamente la excavación se puede ejecutar por medios manuales o mecanizados. En el caso de ser del tipo mecanizado, se deberá contar con todas las medidas de prevención y señalización, necesarios para evitar accidentes lamentables en el área de trabajo

**Señalización y medidas a tomar en excavaciones:** Toda excavación deberá quedar debidamente señalizada con cinta de peligro, rótulos y cerca perimetral de manera provisional, indicando que existen trabajos de esta naturaleza en el área, además las excavaciones que excedan de 1 metro de profundidad deberán ser protegidas con tapas después de terminada la jornada para evitar incidentes a terceros o caídas de animales. También se obliga el uso de escaleras en excavaciones con profundidad superior a 1.5 m. para facilitar el acceso y evacuación de trabajadores, estas deben quedar apoyadas en el fondo de dicha excavación y sobresalir como mínimo 1 m. por sobre esta. En toda obra de excavación se les deberá garantizar a los trabajadores suficiente agua potable para contrarrestar la deshidratación; asimismo un botiquín de primeros auxilios que permita brindar asistencia primaria en caso de accidente de trabajo.

### **3.9.6. Condiciones específicas en excavaciones**

**Suelos débiles:** Para suelos débiles o con existencia de agua, las paredes de las excavaciones deben ser adecuadamente sostenidas con entibaciones de madera o metálicas, para así evitar desmoronamientos con riesgo de accidentes graves en los casos que sea posible las excavaciones se realizarán de acuerdo al ángulo de reposo propio del tipo de terreno (talud natural).

**Excavación en roca:** La excavación en roca, cuando sea necesario, será realizada con técnicas específicas, y puede ser ejecutada sin uso de explosivos con fisura previa, o con uso de explosivos.

Cuando fuere necesario el uso de explosivos, las operaciones como perforación en roca, y colocación de explosivos y accesorios, serán ejecutados por personal especializado que cuente con la autorización y permisos pedidos a la autoridad competente, tomando en cuenta todas las medidas de protección necesarias, prevaleciendo la protección del elemento humano de la obra y de las propiedades públicas o privadas.

En la obra deben instalarse las debidas señales de alerta, en número y tamaño adecuado, de que está siendo realizada en el área una operación de excavación con explosivos. Esta señalización debe estar claramente visible por todos los que entren en el área o pasen cerca de la misma.

Deberá existir un plan de contingencia, abarcando todas las actividades relativas al uso de explosivos, previendo entre otros los siguientes aspectos: cantidad y disposición de los agujeros, diámetros, profundidad e inclinación de los agujeros, tipo de explosivos y accesorios, dispositivos de protección contra lanzamiento o proyección de fragmentos.

### **3.9.7. Concreto de limpieza**

Una vez finalizadas las tareas de excavación y habiendo recibido el desplante de fundación por parte de la Supervisión, se comenzarán los trabajos correspondientes al levantamiento de fundaciones, por lo que se deberá comenzar con un concreto de limpieza de 2,500 PSI, o el que sea indicado en los planos y especificaciones propias del proyecto, que puede ser fabricado in-situ para llegar a la cota de nivelación de fundación, para esto será necesario elaborar un reporte de recepción de cota de concreto de nivelación con las cotas reales vs las del proyecto, con lo que se aceptará un margen de error

de  $\pm 5\text{mm}$ , una vez aceptado el protocolo por la Supervisión., se dará comienzo a los trabajos de armado de hierro y colocación de stub, el procedimiento de chequeo de la cota de concreto de limpieza se hará con apoyo de topografía, tomando lecturas en las esquinas de la fundación, una lectura en el centro de cada cara y por último una en el centro de la fundación.

### **3.10. Armado de Acero**

En general, se procederá de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto. Las barras deben ser perfectamente rectas y se doblarán en frío dándoles exactamente las formas que les corresponda.

El acero será el que se fabrica en nuestro medio: grado 40 y grado 60 y todas las barras de refuerzo se protegerán con un recubrimiento de concreto de por lo menos 5 cm. a menos que los planos indiquen otro valor.

Las superficies de las barras se limpiarán de costras, barro, grasa u otras sustancias extrañas, antes de ser colocadas. Se considerarán objetables las escamas gruesas de herrumbre y las costras desmenuzables. Las barras de refuerzo, después de colocadas, se mantendrán limpias hasta quedar completamente empotradas en el concreto.

La correcta instalación de la acero de refuerzo deberá asegurar su afianzamiento, de modo que no sufran corrimientos durante la colocación del concreto. En caso de inconvenientes de fijación se instalarán plantillas adecuadas para mantener el acero en posición. El personal que esté ejecutando la tarea, tendrá especial cuidado de evitar cualquier movimiento del acero en el concreto recién colocado.



En lo posible, se emplearán barras de la longitud total que se necesite en cada caso, si se requiere hacer empalmes, estos tendrán por lo menos una longitud igual a 40 veces el diámetro de la barra a empalmar y llevarán en sus extremos ganchos de las mismas dimensiones que los indicados anteriormente. Se tendrá especial cuidado de que los empalmes no se repitan en la misma sección.

En el caso de presentarse dificultades en terreno, con respecto a la disposición del armado y sea necesario alterar una forma o reforzar la malla a construir, se deberá solicitar a ingeniería el cambio o modificación por medio de un registro instaurado por la empresa para estos casos o en su defecto buscar una solución in-situ con el jefe de la supervisión, esto último es lo más adecuado cuando no se cuenta con tiempo suficiente para realizar las tareas encomendadas.

La descarga del acero de refuerzo de construcción que se transporta en forma de paquetes, debe en lo posible realizarse con algún medio mecánico, esto con el fin de evitar lesiones producidas por sobre esfuerzo en los operarios. En caso de descarga y el transporte en terreno que se haga en forma manual, no deberá sobrepasar los 60 Kg., cuando lo hagan dos personas. Las distancias para utilizar traslados manuales serán cortas, en caso de ser superiores a 30 metros se deberá destinar algún medio distinto para tal efecto.

El acero de refuerzo será acopiado en forma ordenada y apoyado sobre piezas de maderas, esta zona debe quedar aislada del tránsito de los trabajadores, esto en lo posible con la construcción de un cerco compuesto de estacas y cinta de peligro.

Los despuntes producto del armado de las mallas de refuerzo de las fundaciones deberán ser retiradas a lugares o botaderos dispuesto por el Dueño para estos efectos, pero mientras permanezca en obra deberán ser almacenados en lugares apropiados, para así evitar incidentes no deseables.

En los trabajos propios del armado se deberá controlar las separaciones, cantidades, diámetros de las varillas especificados en los planos del proyecto, por otro lado se deberá supervisar el doblado de éstos para que cumplan con las formas proyectadas en los planos.

Paralelo al armado de acero de refuerzo se deberán confeccionar separadores a base de arena, cemento y agua, para ser usadas como guías en la terminación del concreto, ya que éstas darán el recubrimiento exigido en los documentos técnicos del proyecto, generalmente el recubrimiento mínimo a usar es de 5 cm.

### **3.11. Instalación de stub**



Figura 11. Aplomado del Stub de la torre

Dentro de las labores a ejecutar para la construcción y posterior montaje de una torre de alta tensión resulta fundamental que los stub, en la base de fundación queden fijados con sus distancias, inclinaciones y niveles exigidos en los planos, para así permitir el montaje de la estructura sin que esta quede expuesta a giro o esfuerzos adicionales.

Los Stub se montarán una vez revisada la excavación y el concreto de limpieza correspondientes según indican los planos. Se comprobará que los stub elegidos sean los adecuados de acuerdo a los planos, esto se debe a que los stub de torres de suspensión son distintos a los usados en las estructuras de anclaje.

Para aumentar la adherencia del stub a la fundación se deberán instalar el anclaje en los bordes del stub en forma de L, que generalmente son parte del suministro de la torre.

Para afianzar el stub se utilizarán tensores y/o plantillas de acuerdo a lo acordado entre los supervisores responsables del área y lo suministrado por el fabricante, dando la inclinación necesaria, esto se realiza controlando distancias entre los pernos de referencia y diagonales entre los extremos superiores de cada stub (vértice de los stub).

Una vez montados de acuerdo a lo anterior se podrá dar inicio al colado de concreto. Posteriormente, a cada vaciado y vibrado de una fundación se procede a chequear distancias e inclinaciones finales, con el llenado definitivo del reporte de llena de concreto correspondiente. Es importante señalar que durante los trabajos de montaje de estas piezas y mientras se procede al colado de las fundaciones se deberán estar chequeando las cotas y geometría de los stub, también se deberá generar un reporte donde se comparará geometría y cota de vértice de stub de proyecto vs las reales antes y después de coladas las fundaciones.

### **3.12. Colado de concreto de fundaciones**

#### **3.12.1. Generalidades**

Una fundación se concibe como un conjunto de materiales que al combinarse en forma ordenada satisface las necesidades de un proyecto, en el caso de las líneas de transmisión estas cumplen la función de sostener las estructuras porta conductores, estas fundaciones deben ser diseñadas de tal forma que su comportamiento sea el adecuado a las condiciones más desfavorables de servicio y además deben satisfacer otros requisitos, tales como mantener los costos dentro de límites razonables y determinadas exigencias estéticas dentro del proyecto.



Figura 12. Fundido de concreto en sitio

El Concreto es un material pétreo artificial, obtenido de la mezcla en proporciones determinadas, de cemento, áridos y agua. El cemento y el agua forman una pasta que rodea a los áridos, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto.

Los áridos son materiales pétreos compuestos de partículas duras, de forma y tamaño estable. Habitualmente se dividen en dos fracciones: grava y arena. Los áridos, el cemento y el agua se mezclan juntos para constituir una masa plástica y trabajable, que permite ser moldeada en la forma que se desee.

El cemento y el agua al combinarse producen una reacción química denominada hidratación, de la cual resulta el fraguado del concreto y su endurecimiento gradual; este endurecimiento puede continuar indefinidamente bajo condiciones favorables de humedad y de temperatura, con un incremento de la capacidad resistente del concreto. Se supone y acepta que el concreto ha alcanzado su resistencia de trabajo a los 28 días, y es por eso que normalmente las exigencias de resistencia se especifican y verifican a esa edad. En realidad, encontrándose en condiciones favorables, el concreto sigue incrementando su resistencia a medida que aumenta su edad, por lo que los valores especificados pueden aumentar entre un 10% a un 20% a los 90 días y entre un 20% a un 35% al año.

### **3.12.2. Elaboración de concreto in situ**

Aunque para cada obra se deben estudiar las dosificaciones de acuerdo a sus exigencias y considerando las características reales de los áridos que se emplearán, existe a veces la imposibilidad de proceder de esta forma.

En el concreto utilizado para la realización de las fundaciones, deberá usarse cemento Portland de acuerdo con las Normas ASTM C 150 ó ASTM C.595 (P.M.) TIPO I.

Los macizos de fundación deben sobresalir del nivel del terreno por lo menos 30cm, y toda la superficie superior será cuidadosamente alisada y perfilada con caras inclinadas (punta de diamante) para evitar la acumulación de agua lluvia.

El concreto estructural utilizado en la obra, debe mantenerse húmedo de tal forma que garantice un período de curado mínimo de 7 días, a excepción de que la fragua se realice aplicando un tratamiento de membrana, en cuyo caso se notificará al Dueño quien hará las observaciones u objeciones que considere pertinentes. El Contratista será responsable de la calidad de los productos utilizados y de que el concreto alcance la resistencia especificada.

El Proveedor deberá confirmar que la resistencia del concreto colocado en obra cumple con la especificada, mediante la realización de ensayos o pruebas de resistencia a la Compresión aplicados a muestras del concreto tomadas en cilindros metálicos de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, según ASTM C-31-84.

Las pruebas de fraguado del concreto serán ejecutadas según las Normas ASTM C-232. Para estas pruebas se deberán tomar cuatro muestras en cilindros que cumplan con la Norma ASTM C-31-84 a cada fundación de concreto mezclado destinado para Postes, de la siguiente manera:

- a) Un (1) cilindro de concreto para prueba de resistencia según ASTM C-39, después de 7 días.
- b) Un (1) cilindro de concreto para prueba de la resistencia a los 14 días.
- c) Un (1) cilindro de concreto para prueba de la resistencia a los 28 días.
- d) Un (1) cilindro para ser guardado como testigo. Este podrá ser sometido a ensayo en caso de dudas sobre los resultados obtenidos.

El Ingeniero Supervisor podrá ordenar otras muestras cuando considere que el concreto a colocar muestra evidencias de mala calidad o fraguado inicial.

Para poder llegar a los resultados esperados se recomienda lo siguiente:

**a)** La dosis de cemento recomendada no debe modificarse, a menos que las resistencias que se obtengan, cuando sea posible determinarlas, sean inferiores o muy superiores a las que se exigen. Para ese objeto es conveniente aumentar la dosis de cemento si la resistencia obtenida es inferior a la resistencia especificada en el proyecto en más de 40 Kg/cm<sup>2</sup> y disminuirla si es superior a la resistencia especificada en más de 80 Kg/cm<sup>2</sup>.

**b)** Si el concreto se observa pedregoso, habrá que disminuir razonablemente el árido grueso aumentando en la misma cantidad el árido fino (se considera razonable una variación de hasta un 5 % de la cantidad correspondiente a la dosificación para efectuar una primera corrección).

**c)** La dosis de agua de amasado que se indican son sólo una referencia. Si en obra los áridos están húmedos, habrá que utilizar menos agua. La cantidad de aguas que se empleará debe dar como resultado concreto que no sean seco ni fluidos, sino plásticos (como referencia, para las dosificaciones indicadas se ha considerado un asentamiento de cono de Abrams de alrededor de 6 cm.).

**d)** En el caso de utilizar áridos separados en dos fracciones (grava y gravilla), se recomienda dividirlos en un 20% de gravilla y 80% de grava.

**e)** El mezclado debe efectuarse con equipos adecuados, de tal forma que la velocidad de rotación y el tiempo de mezclado asegure una mezcla homogénea, según norma ACI (613-54).

**f)** Parte del agua de amasado debe incorporarse en primer lugar al equipo de mezclado y en caso de usar aditivos estos se incorporarán de acuerdo a las indicaciones establecidas por el fabricante.

**g)** La Mezcladora debe encontrarse lo más cerca posible del lugar de colocación del concreto esto con el fin de evitar que éste endurezca en el traslado, este tiempo no debe superar los 30 min., en caso de usar aditivos este tiempo puede aumentarse de acuerdo a lo indicado por el fabricante.

**h)** La capacidad del equipo de mezclado tendrá relación directa con el volumen e importancia de la obra. La descarga de las mezcladoras se realizará sin que reproduzca segregación del concreto.

### **3.12.3. Elaboración de concreto en plantas**

Existe la posibilidad de comprar el Concreto premezclado y transportarlo a la obra en camiones mezcladores. En estos casos la fabricación del concreto se realiza en una planta especialmente diseñada y las dosificaciones, a diferencia de cuando se fabrica concreto en obra, es en peso. La dosificación en peso es mucho más precisa que en volumen, además estas plantas cuentan con máquinas especiales que registran con exactitud el peso del cemento, de los áridos y su grado de humedad. Estos hechos permiten optimizar el uso especialmente del cemento y obtener un concreto confiable de acuerdo a lo solicitado por la empresa constructora.

Por otro lado la empresa responsable de entregar el concreto en obra deberá certificar que el concreto cumple con las especificaciones demandadas por el cliente, tomando en cuenta las distancias que hay entre la planta de concreto y el lugar de colocación en obra. Sin perjuicio de lo anterior, la empresa constructora responsable de la instalación, deberá realizar los ensayos correspondientes de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto y normas respectivas.

#### **3.12.4. Elaboración de Formaleta**

La formaleta utilizada en este tipo de obras son a base de placas del tipo estructural elaborados en terreno, la finalidad de la formaleta es mantener las dimensiones y la forma geométrica de los elementos a colar para cada fundación y a su vez evitar el gasto excesivo de concreto y por lo tanto, mantener los costos dentro de lo presupuestado.

Todos los moldes deberán estar contruidos de modo que resulten impermeables para el mortero, tendrán la resistencia necesaria para soportar, sin deformarse, las presiones producto del concreto fresco y las vibraciones propias de la compactación del concreto.

Los refuerzos se calcularán para poder soportar con seguridad las cargas especificadas anteriormente. Se deberá construir del tal forma que se facilite el desmontaje gradual sin peligro de sacudidas o trepidaciones. Los apoyos deberán descansar sobre una base segura.

Los moldes tendrán dimensiones interiores exactamente de acuerdo con las dimensiones de las piezas a construir y tendrán superficies lisas. Cuando se usen alambres para asegurar moldes y acero de refuerzo de tal modo que estos queden dentro de la masa de concreto, se tomará la precaución de (una vez quitado los moldes) cortar los alambres a una distancia de un centímetro de la superficie del concreto.



Los agujeros serán cuidadosamente rellenos con mortero de igual calidad que el empleado en el concreto. Previamente al llenado, los moldes se limpiarán y se les aplicará un producto desmoldante para evitar que estos se adhieran al concreto, la aplicación se hará de acuerdo a las especificaciones del fabricante. En caso de que alguna parte de la fundación debiera construirse sin el uso de molde, se tomarán las precauciones necesarias a efectos de lograr una superficie, de textura y color uniforme, con un acabado de perfecta terminación y prolijidad.

La reparación de los defectos superficiales se realizará inmediatamente después del desmoldante de las estructuras, debiendo la zona afectada quedar reparada dentro de las 24 horas como máximo después del retiro del molde.

#### **3.12.5. Vaciado del concreto**

Previo al vaciado del concreto se deberá limpiar las zonas de vaciado, esta tarea deberá ejecutarse en lo posible con un compresor de aire, una vez retirado todo el material contaminante se procederá a humedecer la superficie de vaciado, tomando la precaución de no mojar los moldes. Como en general el concreto especificado para fundaciones de torres de transmisión tienen un asentamiento de cono entre 4 a 10 cm., la altura de caída no deberá superar los 2,5 metros, en caso que por condiciones topográficas o elementos demasiado esbeltos sea imposible cumplir con esta exigencia, se podrá utilizar tuberías introducidas hasta el fondo del elemento a fundir, las cuales deben tener un diámetro no inferior a 4 veces el tamaño máximo nominal del árido utilizado.

#### **3.12.6. Compactado de la mezcla**

Esta es una de las etapas más complejas dentro de la construcción de una fundación, ya que un buen vibrado de la masa evitara segregación dentro del concreto y por otro lado se reduce la cantidad de aire en el elemento.

Es por lo anterior que se entrega una serie de consideraciones que deberán ser evaluadas antes de compactar los elementos comprometidos:

Seleccionar el tipo de vibrador adecuado según las dimensiones del elemento a fundir, el espacio libre entre las armaduras, la consistencia del concreto.

Antes de comenzar comprobar que el vibrador está en buenas condiciones y funciona correctamente. Usar los sistemas de protección y seguridad recomendados.

Verter el concreto en la estructura evitando que el concreto caiga desde gran altura. Se debe verter en el molde o encofrado más o menos nivelado. El espesor de cada capa será inferior a 50 cm., se recomienda entre 30 y 50 cm. Introducir el vibrador verticalmente en la mezcla sin desplazarlo horizontalmente, no usar el vibrador para arrastrar el concreto, el vibrador se introduce a intervalos regulares, la distancia aconsejable entre un punto y otro es de 8 a 10 veces el diámetro del vibrador. Mirar al concreto cuando se vibra para determinar el campo de acción del vibrador. El campo de acción de cada punto de vibración se debe solapar para evitar zonas sin vibrar. La aguja debe penetrar unos 10 cm. en la capa anterior para asegurar una buena adhesión entre las diferentes capas. Entre cada capa no deberá transcurrir mucho tiempo para evitar juntas frías. No forzar o empujar el vibrador dentro del concreto, este podría quedar atrapado en el refuerzo.

El tiempo de vibrado en cada punto dependerá del tipo de concreto, tamaño del vibrador y otros factores. Este tiempo de vibrado puede oscilar entre 5 y 15 segundos. El tiempo es más corto para consistencias fluidas, en estas mezclas un vibrado en exceso puede producir segregación. Se considerará el concreto bien vibrado cuando la superficie se vuelve compacta y brillante y dejan de salir burbujas de aire, también se nota un cambio en el ruido que produce el vibrador. Muchos defectos en estructuras son debido a una ejecución de la operación de vibrado de forma desordenada y con prisa.

No se deberá presionar el vibrador contra armaduras o encofrados. Mantener una distancia de 7 cm. como mínimo de las paredes. La aguja se sacará despacio del concreto y con movimientos hacia arriba y hacia abajo para dar tiempo que el concreto rellene el agujero dejado por el tubo.

No mantener durante largos periodos el vibrador fuera del concreto, si no se continúa vibrando pararlo.

Seguir las instrucciones de mantenimiento del vibrador de acuerdo a lo indicado por el fabricante.

### **3.12.7. Desencofre de los elementos**

El desencofre de los elementos de concreto se hará tomando las siguientes precauciones:

El retiro debe realizarse evitando sacudidas bruscas que puedan afectar la integridad del elemento, como destrucción de aristas o superficie del concreto.

Cuando el encofrado sea retirado aún en tiempo de curado este deberá ser protegido por algún medio aislante, que asegure las condiciones necesarias para la hidratación completa del concreto.

En todo caso el periodo mínimo de desencofre, se hará a los 5 días para concretos con cemento corriente y 3 días para aquellos elaborados con cemento de alta resistencia.

### **3.12.8. Protección del concreto**

En general, todos los concretos incrementan su resistencia a medida que aumenta su edad, debido a que los distintos compuestos mineralógicos del cemento se hidratan en plazos diferentes. Para verificar el proceso de hidratación es necesario que el concreto se encuentre en condiciones favorables de temperatura y de humedad. Estas condiciones deben proporcionársele junto con la iniciación de su endurecimiento y mantenerse durante un período

mínimo de 4 días cuando el cemento empleado es grado alta resistencia o de 7 días si se emplea cemento grado corriente, con temperaturas medias del orden de 20°C.

La efectividad de un método de curado depende de la prontitud con que se aplica para proteger el concreto fresco.

En síntesis, el curado del concreto consiste en lograr que este material disponga del agua que necesita el cemento para hidratarse y en mantenerlo en condiciones moderadas de temperatura. Con un curado bien realizado se evitará la formación de grietas y el concreto no sufrirá reducciones ni de resistencia ni de durabilidad.

Las variables que influyen en el curado son básicamente cuatro: temperatura ambiente, humedad relativa, temperatura del concreto y velocidad del viento. Una pérdida mayor a 1 Kg/m<sup>2</sup>/hr producto de la evaporación, produce casi inevitablemente la fisuración del concreto por retracción hidráulica, es por esto que se debe utilizar algún medio disponible para la protección del concreto, existen diferentes métodos para asegurar un óptimo curado, los que se pueden agrupar en los que se basan en tratamientos húmedos ó los que emplean cubiertas protectoras para evitar la pérdida de humedad.

#### **3.12.9. Certificación del concreto**

Las certificaciones del concreto ya sea fabricados in situ o por plantas especializadas, se realizarán con un laboratorio externo, de acuerdo a las normas ASTM y las especificaciones técnicas del Proyecto.

La dosificación del concreto es estudiada para que éste tenga ciertas características predeterminadas, la principal de las cuales es su resistencia. Sin embargo, al producirlo en obra estas características varían de una mezcla a otra a causa de errores en las mediciones o variaciones de las propiedades de los materiales componentes u otras razones.

Por este motivo, el concreto debe ser sometido a un control de calidad que permita verificar que, a pesar de estas variaciones, las propiedades generales del concreto se mantienen dentro de límites aceptables o, en caso contrario, para establecer las medidas correctivas adecuadas.

Generalmente la propiedad sometida a control es la resistencia del concreto, aspecto que debe considerarse como el nivel mínimo de control en una obra por pequeña que ella sea.

Sin embargo, la información proporcionada por el ensayo de resistencia puede ser demasiado tardía como para tomar medidas efectivas con un costo razonable, motivo por el cual es aconsejable emplear métodos de control preventivos durante la fabricación del concreto en la obra o a su llegada a ésta si existe suministro de concreto premezclado.

Un sistema apropiado para efectuar un control de calidad preventivo del concreto, es decir antes de su colocación, puede basarse en la medición del asentamiento de cono de Abrams. El asentamiento del cono depende aproximadamente de la cantidad de agua que contiene el concreto y, en consecuencia, podemos determinar la relación agua/cemento, la que como se sabe está relacionada con la resistencia.

En consecuencia, si el concreto tiene la dosis de cemento prevista y el asentamiento de cono se mantiene dentro de límites establecidos, existe una buena seguridad de que la resistencia del concreto se cumplirá en forma adecuada.

### **3.13. Montaje de estructuras**

#### **3.13.1. Generalidades**



Figura 13. Armado de patas de torre

Una vez recibidos los trabajos de montaje de los stub, aprobado el protocolo de montaje de estos por parte de la Inspección y transcurridos los siete días de fundida del concreto los pedestales de la torre a construir, que corresponde al tiempo mínimo exigido por la norma para poder cargar las fundaciones se dará el inicio al montaje de estructuras.

El o los métodos a utilizar dependerán de varios factores: condiciones de accesibilidad al lugar de trabajo, equipos disponibles por parte de la empresa responsable del montaje y por último experiencia del supervisor a cargo del montaje, ya que en definitiva es quien conoce mejor su trabajo.

#### **3.13.2. Clasificación, Revisión de materiales y equipos**

El supervisor a cargo del montaje de estructuras, cumplirá y hará cumplir las siguientes instrucciones.

Se ordenarán y clasificarán todos los perfiles angulares, pernos, tipo de herrajes y tuercas, que componen la torre, de acuerdo al cuerpo y tipo de estructura que se desee montar, de manera de optimizar el tiempo propio del armado de la torre. La individualización de las piezas componentes de cada cuerpo y tipo de torre se obtiene comparando la nomenclatura impresa en cada una de éstas y los planos de armado correspondientes.

Se comprobará el buen estado del galvanizado de las barras, desechando aquellas que presenten defectos del mismo o estén mal galvanizadas, a menos que la inspección autorice galvanizar en frío, con el fin de retocar aquellas piezas que no presenten daños considerables.

No se utilizarán las barras que presenten pandeo o torceduras con valores que superen las exigencias mínimas indicadas en las especificaciones técnicas del Proyecto. Se comprobará el buen estado de los pernos (galvanizado, hilo, etc.), desechando los defectuosos.

El supervisor de montaje confeccionará un listado de barras accesorios faltantes (cantidad, número de pieza y marca), el cual deberá hacerlo llegar a la brevedad a oficina técnica para poder remitir el pedido a la empresa contratada para fabricación de la estructuras, esto con el fin de minimizar atrasos en el desarrollo de las obras.

Cuando se emplee pluma auxiliar para las maniobras de montaje, esta debe estar libre de fisuras y contar con la debida certificación del fabricante, se prohíbe el uso de plumas adaptadas en terreno.

Los estrobos, grilletes, vientos, piquetas, etc., deberán ser revisados en cuanto a su estado y colocación, antes de las maniobras de izado. Las herramientas de mano deben carecer de rebabas, deformaciones o fisuras.

Los punzones de montaje y los punteros se usarán exclusivamente para la coincidencia de taladros.

Se deberán revisar todos los elementos de protección personal, en especial el arnés de seguridad con los carros de ascenso en la cuerda de vida. Nunca se prolongarán los brazos de las llaves con tubos para dar un mayor apriete, ya que los brazos de las llaves están en proporción a las bocas de las mismas.

Debe comprobar previamente que los pesos que iza están en orden con el esfuerzo máximo de la pluma que va a utilizar. Nunca confiará en su experiencia en cuanto a los pesos a izar para no dar lugar a errores.

Se establecerán los puntos en los que debe apoyarse la pluma en estos puntos se deberá anclar la parte inferior de la Pluma por medio de estrobos de al menos 16 mm de diámetro o bandas con carga de rotura, preferentemente a los estrobos, con cargas de trabajo no inferiores a 5.000 Kg. en vertical. Asimismo, ésta se fijará en su parte superior, mediante cuatro vientos o cables de acero de sección no inferior a 9mm de diámetro. Los vientos estarán anclados al suelo mediante anclas de metal o muertos según las cargas que vayan a moverse.

En cualquier caso, si las cargas que van a moverse son pequeñas, los vientos y estrobos podrían ser de menor capacidad previa justificación. Las llaves torquimétricas a utilizar deberán estar previamente certificadas, y siempre se deberá mantener una llave patrón en bodega para el chequeo de aquellas que se encuentran en terreno.

El torque o apriete de los pernos deberá realizarse según las condiciones establecidas en los planos del Fabricante y el Comprador podrá rechazar el apriete si no cumple con dichas condiciones en función al diseño de los mismos y a las normas aplicables. Para el apriete de los pernos según la norma ASTM A394 tipo 1 o EN 20898/1-2 clase 8.8.

### **3.13.3. Tipos de izado**

La elección del sistema idóneo de izado vendrá determinado por el estudio previo de los apoyos a izar, su peso y forma, así como los condicionantes del terreno: accesos, arboleda, etc. y la existencia de otros servicios o instalaciones, en las proximidades del montaje.



### **3.13.3.1. Izado con Pluma auxiliar**

En este montaje la pluma hace de falso montante. Esto consiste en montar una guía correspondiente a una de las patas para luego afianzar la pluma, la pata elegida será la que de mayor maniobrabilidad para el izaje, una vez instalada la pluma se procede a montar las guías de las patas restantes y su tejido para cerrar la estructura, este procedimiento se realiza para todos los cuerpos hasta terminada la estructura, a este tipo de izaje se le denomina barra a barra y sólo se utilizará cuando sea imposible realizar el montaje utilizando otras técnicas, debido a la lentitud de los trabajos. Cuando la pluma pierda efectividad debido a la altura, deberá ser trasladada a un lugar más alto y se continuará el montaje de la forma indicada anteriormente.

Otra forma utilizada y que es más eficiente que la anterior, es la de pre-armar las caras que conforman el cuerpo de la estructura a montar para luego ser izadas con la ayuda de la pluma hasta su posición definitiva, estas caras deben contener al menos el 50 % de los pernos y con apriete moderado, para así evitar esfuerzos adicionales a la estructura.

### **3.13.3.2. Montaje con apoyo de grúa**

Este tipo de montaje consiste en montar cuerpos o caras pre-armadas en el suelo, las cuales deben cumplir con las condiciones del caso anterior, para luego por medio de una grúa móvil elevarlos hasta su posición final, cuando sea imposible continuar el izaje con grúa debido a su limitación de altura, se deberá continuar el elevamiento de las estructuras por medio de la instalación de una pluma, de la misma forma descrita anteriormente.

#### **3.13.4. Recomendaciones al izado**

El armado de las caras o cuerpos a nivel de suelo, se hará sobre tacos de madera para evitar el contacto con el terreno y a su vez facilitar el apertado de las piezas.

La sujeción de la pluma al montante y el venteo de la misma debe ser ejecutado cuidadosamente, se recomienda siempre usar tres vientos para mantener la pluma siempre en posición segura.

Los cordeles tanto para atirantar la pluma como para el izaje propio de las estructuras, deben contar con la resistencia necesaria para asegurar la estabilidad de ésta, en todo momento de las maniobras.

Las estructuras o piezas componentes de éstas, deberán ser firmemente aseguradas a los cordeles de subida y la elevación de éstas debe realizarse siempre con el apoyo de un vehículo motorizado y con apoyo de tirantes para evitar que ésta se golpee con las estructuras ya montadas y se dañe el galvanizado.

Al momento de los trabajos de levantamiento de pesos, se deberá restringir el acceso de personal bajo el área de la torre y sólo en las cercanías de ésta se ubicará personal con radios de comunicación para dirigir el correcto izado de las estructuras.

El Jefe de montaje se colocará durante la maniobra de izado en una posición de modo que pueda controlar toda las maniobras. Los montadores a cargo de la unión de los paños ya montados con los nuevos, deberán estar provistos de palanquillas de montaje para hacer coincidir los taladros de las estructuras y poder comenzar a colocar los pernos correspondientes.

Una vez que las estructuras estén montadas, deberán contar con todos sus pernos, piezas y planchas de unión, pero sólo con apriete moderado. Todos los pernos deben contar con una arandela plana y de presión

### 3.13.5. Finalización de la torre



Figura 14. Revisión de resoque de torre

Una vez finalizada el montaje de la estructura se procederá a repasar todos los pernos de la estructura con llave torquimétrica para asegurar el torque exigido por las normas ASTM A394 tipo 1 o EN 20898/1-2 clase 8.8, paralelo a esta tarea se comprobará el aplome y giro de la estructura, por medio del equipo de topografía, y se confeccionará el protocolo correspondiente, estos datos deben estar dentro de las tolerancias, establecidas en las especificaciones técnicas.

Una vez finalizadas las tareas descritas en el punto anterior se procede a entregar la estructura a la supervisión, esta procederá a revisar si la torre cuenta con todos los elementos especificados en los planos, si estos están en la posición que corresponde, si hay deterioro en el galvanizado de las piezas, piezas dobladas, ausencia de pernos, torque insuficiente, etc.

Como último se deberán de punzonar los hilos visibles de los pernos en los primeros cuatro metros de la estructura, para así evitar que sean retirados o soltados. En algunas especificaciones técnicas de fabricantes de Torres de Celosías, especifica como obligatorio, el punzonado de todos los pernos de la torre, con el fin de evitar aflojamiento de los mismos a causa de la vibración de la torre, por efectos del viento.

### **3.14. Tolerancias de montaje de estructuras para líneas de transmisión**

- **Rotación**

En toda estructura, el eje transversal de una sección horizontal a cualquier altura, no deberá quedar con una desviación rotacional mayor que 25° de grado centesimal con respecto a su posición teórica, esto también es aplicable a las crucetas que conforman la estructura.

- **Verticalidad**

Ningún punto de la estructura tendrá un desaplome superior a 1/500 de su altura, sin una torre tiene patas de diferente longitud, su altura se obtendrá promediando las alturas obtenidas con la pata más alta y las más baja.

- **Rectitud**

Cada elemento de la estructura deberá quedar recto dentro de una tolerancia de

0.2 % de la longitud de cualquier trozo medido.

Todas estas tolerancias serán comparas con los valores reales, una vez terminada la torre y previo al montaje de los conductores.

- **Valores de apriete de pernos**

Los siguientes valores expuestos en la siguiente tabla, serán de aplicación a todas las estructuras de líneas de transmisión eléctricas a construir.

Valores de apriete para pernos de torres de celosillas	
Diámetro	Torque (Kg x m)
½" (12mm)	5
5/8" (16mm)	11
¾" (20mm)	17
1" (25mm)	34

Fuente: Especificaciones Técnicas de Montaje de Líneas de transmisión de ENATREL

- **Vestido de estructuras**

Se le llama vestido de estructuras al trabajo de instalación de las cadenas de aisladores que utilizan en líneas de transmisión eléctrica para evitar la inducción o arco eléctrico entre los conductores y la estructura, a continuación, se entregarán los pasos a seguir para el montaje del aislamiento y ferrería de la torre:

La cadena de aisladores más herrajes, se armará en el suelo. Se comprobará, antes de izar la cadena, que los pernos estén apretados, los pasadores abiertos y los "platos" de los aisladores limpios.

El estrobo de la cadena se hará por el tercer o cuarto aislador a partir del extremo superior y protegiendo con madera los aisladores contra el roce del estrobo. El atado será hecho de forma que la cadena tenga una cierta flexibilidad en su parte superior para facilitar el enganche en la cruceta.

Al inicio de la maniobra de elevación, cuando la distancia del extremo inferior de la cadena esté, con respecto al suelo, comprendida entre 1 y 1,50 metros, se montará la polea que servirá para el tendido posterior de los conductores o cable de guardia.

La tracción para la elevación se realizará con cabestrante autónomo o montado sobre tractor o vehículo todo terreno.

Al llegar la cadena a la proximidad de la cruceta, el operario que va a recibirla e instalarla, dará las instrucciones para una aproximación cuidadosa e indicará cuando se deba detener el cabestrante o vehículo de tracción para proceder al enganche.

El operario en punta de cruceta instalará el grillete en el casquillo de punta, para el afianzamiento definitivo de las cadenas, ordenando a continuación el destense del estrobo de elevación.

Los conjuntos de suspensión deberán armarse e instalarse de acuerdo a las instrucciones del fabricante. El apriete que requieren los pernos componentes de los conjuntos de suspensión y de anclaje deberán alcanzarse por medio de llave dinamométrica. Con la cadena ya suspendida procederá a desatar el elemento de subida.

El estrobo se bajará con la ayuda de las cuerdas de servicio en ningún caso se soltará en caída libre. El orden de subida de las cadenas será siempre por la cruceta más elevada.

Al momento de izar las cadenas de aisladores, se debe evitar cualquier contacto de éstas con la estructura, para esto se deberá instalar una cuerda auxiliar a la cadena de aisladores, la cual deberá ser maniobrada desde el piso para evitar daños por golpe a los aisladores.

### **3.15. Tendido de conductores**

#### **3.15.1. Estudio previo del tramo a tender.**

Antes de comenzar el tendido de los cables se debe realizar un estudio del tramo de la línea a tender donde se debe considerar lo siguiente:

Realizar un recorrido del tramo involucrado, para conocer los posibles inconvenientes al momento de ejecutar el tendido y poder realizar las consideraciones necesarias y evitar a su vez las improvisaciones, dentro de estos inconvenientes se encuentran: cruces de caminos, cruce con líneas existentes, cruce de ferrocarriles, correas transportadoras, etc.

Definir los lugares adecuados en cada extremo del tramo para la ubicación del equipo de Tiro y del equipo de freno, el lugar donde se instalará el freno debe contar con espacio suficiente para poder realizar todas las maniobras, como ubicación de carretes, espacio para carga y descarga de carretes, alejamiento de la estructuras de anclaje para evitar así sobreesfuerzos en la cruceta donde se encuentra instalada la polea de la fase a tender.

Se debe tener especial cuidado de que los equipos, tanto el freno como el huinche deben quedar firmemente afianzados al terreno, para evitar sobreesfuerzos en los conductores producto de desplazamientos accidentales de los equipos.

El freno y el equipo de tiro se ubicarán de preferencia en el eje de la línea y fuera del tramo de tendido, para facilitar el corrimiento tanto del cable guía como de los conductores o cable de guardia, la distancia adecuada para estos equipos es de por lo menos 2 veces la altura de la cruceta involucrada al nivel de terreno natura En caso de que las condiciones del terreno impidan instalar los equipos en la posición indicada anteriormente, se podrá optar por otra solución.

La elección de los tramos a tender, en lo posible deben hacerse de tal forma que el freno pueda ser útil en el mismo punto para tender dos tramos, con sólo girarlo 180 grados.

Tener claro la longitud del tramo en que se realizará el tendido, para poder optimizar el uso de los carretes porta conductores y cable de guardia, para cumplir con este punto se deberá realizar previamente una programación de tendido, esto también con el fin de minimizar uniones de conductores innecesarias.

Topografía deberá revisar previo al tendido las tablas de templado de conductores y tener claro los vanos de control de dicho tramo indicados por ingeniería, revisando los valores de las flechas indicadas en dichas tablas.

### **3.15.2. Operación de tendido de conductores y cable de guardia**

Esta etapa consiste en dejar los conductores y cable de guardia en poleas con la flecha aproximada de proyecto por un tiempo no menor a 24 horas, esto se debe a que los hilos componentes de los conductores deben acomodarse y eliminar sus tensiones internas, estas maniobra se realizan siempre entre dos estructuras de anclajes consecutivas, sin importar si corresponden a estructuras de vértices de la línea o para evitar sobreesfuerzos en ésta por ser tramos rectos demasiado extensos.

Las tareas comenzarán con el tendido del cable guía, dependiendo del terreno, el tendido del cable de tracción se hará a brazo o con un móvil de tiro. La razón de tender con cable guía se debe a que el conductor por ningún motivo debe contaminarse con sustancias extrañas y mucho menos estar propenso a ralladuras o corte de alambres componentes del cable que disminuyan sus cualidades mecánicas.



El cable de tracción, antes de su acopio para el tendido, habrá sido inspeccionado y se habrán desechado aquellos que tuvieran defectos. No obstante, el Jefe de Equipo, durante el desenrollado y tendido, vigilará el estado del cable de tracción y sustituirá aquel que presente daños.

El izado del cable hasta las poleas se hará estando el cable flojo, por medio de cuerdas de servicio y roldanas, ya sea por medios mecánicos o manuales dependiendo del terreno.

Las crucetas, torres o elementos de éstos donde se prevea que durante el tendido se podrían producir desequilibrios en los esfuerzos serán convenientemente venteados o arriostrados.

Es conveniente la inspección periódica de los vientos y los anclajes de éstos, comprobando su tense, estado aparente y posibles desplazamientos de los elementos de anclaje (estacas o muertos).

Una vez afianzado el cable piloto en la máquina de tiro se dará la orden de acoplar el conductor o cable de guardia a éste mediante una manga de tiro y su respectiva rotativa (dispositivo saca vueltas), para evitar el torcimiento de los cables involucrados.

El tiro debe hacerse a velocidad constante, además el equipo de tiro deberá tener incorporado un dinamómetro para poder controlar la tensión de tendido y cuando ésta supere los valores establecidos, se accionará un dispositivo que detendrá las maniobras y así regular en todo momento el perfecto estado del conductor.

Una vez que se complete el tendido de una fase entre los anclajes respectivos, se procederá a chequear con topografía las flechas indicadas en las tablas de temple, y se dejarán los conductores firmemente afianzados mediante tacles.

Estas maniobras se repetirán de la misma manera para las restantes fases y tramos comprendidos en el proyecto.

En todo momento durante el desarrollo de estas maniobras se deberá estar pendiente, en todo el tramo, para así verificar que el cable está pasando sin problemas por las poleas, en caso de traba tanto del cable guía como de conductores o cable de guardia, los vigilantes de tendido situados en puntos estratégicos deberán comunicar al operador del equipo de tiro, para detener la maniobra, tanto los vigilantes de tendido como los operadores de los equipos deberán estar comunicados por medio de radios con frecuencia única dentro del proyecto.

#### **3.15.3. Condiciones especiales**

En el caso de existir cruces de carreteras, líneas aéreas, líneas de Distribución, ferrocarriles, correas transportadoras, etc., se deberá confeccionar un procedimiento específico de trabajo para cada caso en particular, por lo general este tipo de cruces se realiza construyendo portales a cada lado del cruzamiento con mallas en su parte superior para protegerlos de posibles caídas o cortes en los conductores.

Estas tareas deben ser coordinadas con las distintas entidades responsables de cada una de las áreas afectadas en el cruzamiento, además se solicitarán todos los permisos necesarios de acuerdo a la normativa vigente y/o estándares propios de la empresa dueña de los servicios involucrados

#### **3.15.4. Cruces con líneas energizadas**

En general, cuando los cruzamientos son con líneas aéreas de media, alta y extra alta tensión, se procede a desenergizar dicha línea, bloqueando todos los posibles puntos de abastecimiento de energía de los circuitos involucrados, esto se realiza abriendo desconectadores e interruptores en los patios de ma-

maniobras o Sub Estaciones Eléctricas correspondientes y luego se deberán instalar tarjetas de bloqueo en cada uno de los puntos interrumpidos, con la identificación completa del responsable de la maniobra, además se procede a sellar con candados los accionamientos de estos equipos, para evitar energizaciones fortuitas.

La llave del o los candados estarán en posesión del responsable y no habrá copias de éstas, además se debe proceder a cortocircuitar el o los circuitos involucrados antes y después del cruce, esto se realizará mediante pértigas especiales para este tipo de maniobras, la razón de cortocircuitar la línea se debe a que si por error esta se llegara a energizar, se producirá un cortocircuito en estos puntos y la línea queda fuera de servicio.

Una vez finalizados los trabajos el encargado de las maniobras deberá retirar los bloqueos y abrir los candados, para permitir la reposición del servicio de la línea intervenida.

### **3.16. Flechado y engrapado de conductores y cables de guarda.**

#### **3.16.1. Flechado de conductores y cable de guarda**

Previo al templado, se procede a comprimir la grapa de anclaje con el conductor en uno de los extremos del tramo involucrado, una vez realizada esta tarea se debe unir la grapa a la cadena de aisladores correspondiente, como ya se tiene afianzado un extremo del conductor a la estructura se procederá a tensar el conductor para llevarlo a su posición final y afianzarlo mediante las grapas respectivas a la cadena de aisladores en el resto de los apoyos.

Templar un conductor consiste en dejar la flecha correspondiente a los vanos de acuerdo a los valores con que ha sido calculado. El objetivo de calcular la flecha al tender los conductores se hace con el objeto de que los vientos fuertes, la acumulación de hielo o nieve y las bajas temperaturas, aun cuando

se mantengan durante varios días, no sometan a los conductores a esfuerzos superiores a su límite elástico, causen un alargamiento permanente considerable o produzcan la rotura por fatiga como consecuencia de vibraciones continuadas.

### **3.16.2. Métodos de flechado de conductores**

En general, el flechado de conductores y cable de guardia se ejecuta por medio topográfico, pero existen situaciones en que es imposible usar este método y se debe buscar otra solución, como es el método de percusión o por medio de niveletas. Las razones pueden ser las condiciones del terreno, que impiden la ubicación del equipo a una distancia suficiente de la línea para poder realizar las lecturas, otra razón puede ser un vano de control demasiado corto por lo que las flechas no son apreciables con el equipo y es más conveniente usar otro método.

#### **3.16.2.1. Método topográfico**

El topógrafo deberá instalar el equipo lo más alejado posible de la línea, en sentido transversal a ésta y procederá a tomar las lecturas e indicar si es necesario tensar más los cables o reducir esta tensión hasta llegar a los valores establecidos en las tablas de flecha y tendido, de acuerdo a la temperatura ambiente al momento del tensado.

Una vez alcanzados los valores establecidos para las flechas del proyecto, el topógrafo dará la orden de retener el conductor a la otra estructura extrema del tramo, para proceder a ejecutar las marcas correspondientes para el corte de éste y luego su engrapado al apoyo definitivo.

### **3.16.2.2. Método de niveletas**

Este método consiste en colocar cintas horizontales en puntos debajo de los apoyos del conductor en el vano donde se controlará la flecha, la ubicación de las cintas se obtendrá a partir de distancias conocidas de las cintas a cada apoyo de los conductores.

La medición se hace mirando sobre los cintas en el sentido de la línea, como indica la línea de trazos de la figura, con lo cual se puede comprobar que la flecha es la correcta cuando su punto más bajo queda rozando la visual sobre las niveletas.

Este punto resulta conveniente y de suficiente precisión incluso para luces de inclinación media, ya que la flecha se toma en un vano a nivel. Sin embargo, sucede que en vanos muy largos a nivel o desnivel, en que el punto más bajo del conductor cae por debajo del nivel de una de las estructuras, no se puede usar este método.

### **3.16.2.3. Método por percusión**

El método de medición del tensado por percusión consiste en medir el tiempo que demora en ir y volver una onda entre dos estructuras. La flecha correspondiente se calcula por la siguiente fórmula:

$F = 0,306 \times t^2$ , en que  $t$  es el tiempo de una percusión expresada en segundos.

La comprobación del tensado debe hacerse en 2 vanos, cuidando que uno de ellos corresponda a una de las luces mayores y el otro a una de tipo medio y evitando que sean luces inmediatas a los anclajes.

Para producir las oscilaciones se amarra un cable que no ocasione daños al conductor y se procede a jalar fuertemente el cable para inducir oscilaciones al conductor. El tiempo debe ser medido con un cronometro con precisión de una centésima de segundo. Además, debe controlarse la temperatura ambiente en el momento en que se ejecuta la operación.

Con el objeto de achicar el error que se comete al echar a andar y parar el cronómetro, se acostumbra a tomar el tiempo transcurrido durante varias oscilaciones, por lo general 5. Esta operación se debe repetir tres veces con el objeto de tomar el promedio de las medidas efectuadas, las tablas de temple emitidas por ingeniería deben entregar los tiempos para 5 percusiones de acuerdo a la flecha calculada, para poder llevar el conductor a su posición final.

#### **3.16.2.4. Tolerancias en el tendido**

Cuando se verifican las flechas de una línea ya construida puede suceder que se encuentren errores. El porcentaje de error admisible, ya sea positivo o negativo, es del 5%. Sin embargo, el error positivo puede tener un mayor porcentaje si al observar el plano del perfil longitudinal de la línea se ve que los conductores quedan más altos en todo el tramo que lo establecido en las normas.

Se llama error positivo, cuando el conductor tiene más flecha y menor tensión que la indicada en la tabla de temple. Error negativo es cuando la flecha es menor y por lo tanto la tensión mayor que la indicada en la tabla.

### **3.16.3. Engrapado de conductores**

#### **3.16.3.1. Engrapado de Anclaje**

Una vez finalizadas las tareas de temple de conductores se procede a fijar los conductores a su posición definitiva, como se dijo anteriormente ya existe una estructura de anclaje rematada por lo se deberá continuar con el afianzamiento definitivo de la otra estructura.

En esta Tarea se deben tomar mayores precauciones, debido a que el conductor está sometido a tensiones mecánicas para mantenerlo en posición, por lo que se corre el riesgo que al maniobrar equivocadamente se suelten y puedan ocasionar un accidente de graves consecuencias, los pasos a seguir son los siguientes:

Primero se deberá implementar a los operarios con todos los elementos de seguridad necesarios para esta maniobra y se prohibirá la circulación por debajo de los conductores en el tramo de trabajo. Además, se deben instalar cuerdas de vida en la torre donde se realizarán las maniobras, para permitir que los trabajadores involucrados conecten sus carros de ascenso.

Los Linieros (Oficiales de trabajo en alturas) instalados en la cruceta involucrada deberán marcar el extremo del conductor con cinta aislante, tomando en cuenta la longitud de la cadena de aisladores y la grapa de anclaje, lo cual debe ser descontado desde la punta de la cruceta, para así evitar un aumento en la flecha ya establecida. El uso de cinta aislante para marcar, evita que las hebras componentes del conductor se desarmen e impidan la entrada de éste en la grapa de anclaje.

Se deberá instalar un cable de resistencia mecánica apropiada con una pinza de enganche para sostener conductores o camelón que se sujetará al conductor que se desee comprimir, a una distancia adecuada que

permita soltar el conductor y poder llevar el extremo de éste hasta el suelo para realizar la compresión con el equipo instalado en esa posición.

Una vez afianzado el cable con el camelón en forma segura al conductor, se procederá a soltar este cable con algún medio de tiro (WinCE, camión, etc.), hasta dejar totalmente suelto parte del conductor próximo a la estructura de anclaje.

Cuando esta parte del conductor esté sin tensión, se procede a bajarlo a nivel de piso para unirlo mediante una máquina de compresión hidráulica, con la grapa de anclaje.

Una vez comprimida la grapa al extremo del conductor se procede a subir el extremo comprimido y posicionarlo a la cadena de aisladores respectiva, por medio de un tecele, luego se suelta el cable auxiliar y se retira el camelón, del conductor.

Se deberá tener especial cuidado, que en ningún momento el conductor tenga contacto con el suelo, además las maniobras que se realizan con el conductor previo y posterior a su remate en la estructura de anclaje, se deberán ejecutar manteniendo velocidades constantes, evitando tirones y frenadas bruscas por los equipos de tiro.

Esta secuencia se repite en todas las maniobras de remate tanto de cables de guardia como conductores en estructuras de anclaje.

El proceso de compresión de la grapa de amarre, en la estructura de remate, también es posible realizarlo en alturas (a nivel de cruceta), utilizando escaleras de liniero tipo balancín, este tipo de escaleras está previsto con una curvatura en forma de gancho, el que se afianza a la cruceta, el otro extremo de la escalera se amarra al conductor en posición de flechado. En esta operación



el Liniero montado en la escalera antes dicha, utiliza una máquina de punzonado o compresión que trabaja amarrado a una parte cercana de la estructura (colgando), con ella es posible realizar las compresiones de las grapas de amarre sin tener que soltar el conductor al suelo.

### **3.16.3.2. Engrapado de Suspensión**

Como ya se tiene el conductor afianzado a las estructuras de anclaje en sus dos extremos, se procede a realizar la fijación en los apoyos de soporte, esto se hará de acuerdo a los siguientes pasos:

Al igual que el caso anterior se debe proveer de elementos de seguridad a los operarios implicados en la maniobra, cuerdas de vida, escaleras linieras tipo balancín, para poder realizar los trabajos, la inclusión de escalas en esta maniobra se debe a que el o los operarios deberán desplazarse desde la cruceta de la estructura, por debajo de los aisladores, para desengranchar el conductor de la polea y llevarlo hasta la cadena para fijarlo con la grapa de suspensión.

Antes de ejecutar cualquier movimiento en el conductor se deberá marcar en punto centro de contacto de éste con la polea, ya que es ese el punto medio de colocación de la grapa de suspensión.

Para poder levantar el conductor y llevarlo a posición de engrapado se deberá sostener el conductor con una eslinga, con resistencia mecánica adecuada para la maniobra, esta será conectada a un cable de acero, el cual deberá pasar por un tecele instalado en la punta de la cruceta y proceder la maniobra de tiro con un vehículo de tracción en nivel de terreno, para evitar sobreesfuerzos, en la punta de la cruceta se instalará una polea en la cantonera donde nace la cruceta involucrada en la maniobra y otra polea en la misma cantonera en la pata de la torre.

El uso de eslinga, se debe a que por ser de material sintético y además su forma de cinta produce una mayor superficie de contacto entre el conductor y ésta, por lo tanto se reduce el riesgo de cortadura de hebras componentes del conductor al momento de realizar la maniobra de tiro.

Una vez que el conductor se encuentra cerca de la cadena de suspensión se procede a instalar las preformadas en el conductor y se vuelve a marcar el punto centro de la grampa.

Una vez finalizadas las tareas descritas en los puntos anteriores se procederá a fijar la grapa al conductor, con los aprietes especificados por el fabricante y conectarla a la cadena de aisladores,

De esta manera se da por finalizada la maniobra de engrapado de conductores en estructura de suspensión.

El resto de fases del o los circuitos se deberán ejecutar de la misma manera, y una vez finalizada las faenas en una estructura se deberán retirar todos los equipos, herramientas, elementos de bloqueo, etc., para así evitar caídas innecesarias del sistema una vez energizada la línea.

### **3.17. Instalación de puentes eléctricos**

Como en las estructuras de anclaje se produce una discontinuidad del circuito, una vez finalizados los trabajos de tendido se deben instalar cables que unan las fases antes y después de una estructura de anclaje, estos cables reciben el nombre de puentes eléctricos, los cuales deben tener las mismas características del conductor utilizado en la línea. La secuencia de trabajo es como se indica a continuación:

Primero se cortarán los cables con la longitud aproximada de proyecto y se comprimirá un extremo con su paleta respectiva.

Luego los operarios procederán a subir a la estructura involucrada para tomar las medidas reales, y procederán a cortar el conductor y comprimir la el otro extremo con la otra paleta. Una vez estando el puente preparado se procede a empernarlo en cada extremo a las grapas de la fase correspondiente.

Estas maniobras se ejecutan para el resto de las fases y estructuras de anclaje del proyecto.

En esta maniobra se deben tener las mismas consideraciones de seguridad que en las descritas anteriormente.

### **3.18. Pruebas y puesta en servicio**

Primero se deberá realizar una inspección de tipo visual del estado de la línea, esto con el objeto de verificar que se hayan instalado todos los puentes eléctricos en las estructuras de anclaje, que la cantidad de aislamiento corresponda a lo indicado en el proyecto, que no existan poleas en las estructuras u otros elementos o herramientas utilizados en las maniobras como pértigas de puesta a tierra, tecles, etc. También se deben chequear los abatimientos y transposiciones de la línea, si fuesen considerados en el proyecto.

Una vez finalizada la inspección visual, se deberá contar con una empresa que preste servicios de pruebas más especializadas, dentro de estas pruebas las más importantes son:

#### **Correspondencia de fases:**

Esta prueba consiste en verificar que cada fase en una subestación de salida corresponde a la fase de entrada en la subestación de llegada, esta prueba se realiza inyectando voltaje por medio de un generador, a una tensión de hasta 380 V. en corriente alterna, en el inicio de una fase y se corrobora su llegada al final de ésta, esto se repite para todas las fases del o los circuitos del proyecto.

**Prueba de aislación:** esta prueba se realiza con un equipo especial, la cual consiste en inyectar voltaje en forma ascendente a cada fase en corriente continua, por lo general, la prueba comienza con 5kV. y se aumenta en múltiplos de 5 por cada minuto transcurrido, hasta llegar a 2, 5 veces la tensión nominal de la línea, la prueba arrojará como resultados las pérdidas de corriente en los aisladores de cada estructura de la línea.

Luego estos resultados deberán ser comparados con los valores teóricos y admisibles para cada proyecto.

### **3.19. PREVENCIÓN DE RIESGOS**

#### **3.19.1. Conceptos básicos de prevención de riesgos**

**a) Prevención de riesgos:** es la técnica que permite el reconocimiento, evaluación y control de los riesgos ambientales que puedan causar accidentes y/o enfermedades profesionales.

**b) Incidente:** es un acontecimiento no deseado que resulta, o puede resultar, en deterioro de la eficiencia y eficacia de la gestión de la empresa, amenazando el logro de sus objetivos.

**c) Cuasi-accidente:** acontecimiento cuya ocurrencia no arroja pérdidas visibles o medibles, no obstante si se repite bajo circunstancias un poco diferentes, puede terminar en accidente o en falla operacional.

**d) Accidente:** acontecimiento o acto no deseado que interrumpe un proceso normal de trabajo causando lesiones personales o daños a la propiedad.

e) **Enfermedad profesional:** es aquella causada de una manera directa por el ejercicio de la profesión o el trabajo que realice una persona y que le produzca incapacidad o muerte.

### **3.19.2. Políticas de prevención de riesgos**

La política general usada por las empresas de montaje electromecánico, en nuestro País, debe ser cumplir con la normativa de la legislación vigente (Ley N° 618 “Ley General de Higiene y Seguridad del Trabajo” con su reglamento), tiene por objeto establecer el conjunto de disposiciones mínimas que, en materia de higiene y seguridad del trabajo, el Estado, los empleadores y los trabajadores deberán desarrollar en los centros de trabajo, mediante la promoción, intervención, vigilancia y establecimiento de acciones para proteger a los trabajadores en el desempeño de sus labores.

Como política particular, se debe implantar un plan de prevención de riesgos dentro de los procesos productivos de la firma, esto con el fin de evitar acciones y/o condiciones de riesgo en el desarrollo normal de las tareas encomendadas, lo que arrojará como resultado un mejoramiento continuo de la productividad, disminución de daños a las personas y la propiedad.

Este plan debe ser flexible, en la medida que así lo requieran las necesidades de las jornadas de trabajo, esto se logra realizando evaluaciones de los resultados obtenidos y ejecutando los ajustes pertinentes que permitan mejorar, alcanzando de esta manera los objetivos trazados en un comienzo.

El contratista deberá destinar los recursos necesarios al departamento de prevención, para así poder cumplir con los objetivos trazados, también deberá motivar al personal contratado a través de cursos de capacitación, tanto en lo relacionado con la especialidad como en materias de seguridad, salud ocupacional, calidad, etc.

El Contratista con el fin de disminuir sus tasas de accidentabilidad, mejorar su imagen corporativa, minimizar las cotizaciones adicionales, multas, etc., deberá hacerse asesorar por un organismo competente, esto con el fin de evaluar en forma continua el mejoramiento de su desempeño en lo que respecta a seguridad y salud ocupacional y a su vez certificar que el sistema implementado cumple con la normativa vigente.

### **3.19.3. Principios de un plan de prevención de riesgos**

Establecer procedimientos, estándares e instructivos para establecer criterios de actuación, control y verificación de las actividades a ejecutar.

Proteger los recursos productivos como: personal, equipos, maquinarias, materiales, etc.

Orientar a detectar y controlar las causas-origen de los accidentes, los cuales afectan la productividad de una empresa al dañar los recursos destinados a la producción.

- Apuntar hacia una acción preventiva para evitar las pérdidas que se pudieran producir, antes de generar una acción correctiva posterior a los sucesos.
- Prever, eliminar o minimizar la ocurrencia de incidentes en el trabajo y las consecuencias que pudiese tener y/o sus resultados, tanto en el aspecto humano como en lo material.
- Mantener bajo control las pérdidas relacionadas con los daños accidentales a la propiedad de todo tipo, mediante la ejecución de un trabajo eficiente.

- Mantener bajo control las pérdidas inherentes que resultan del mal aprovechamiento de los recursos disponibles (tanto humanos como materiales y equipos).
- Mejorar las relaciones laborales y clima organizacional.
- Mantener en los frentes de trabajo el personal adecuado para cada tarea.
- Involucrar a los actores directos, que son quienes saben mejor del trabajo a ejecutar, para que evalúen y detecten los riesgos existentes.
- Asignar responsabilidades de higiene y seguridad, no sólo a la supervisión sino que también a los subordinados, con el fin de crear conciencia de la importancia que tiene velar por su salud y la de sus compañeros.
- Ejercer un liderazgo sobre el plan establecido, éste debe ser claro y con la energía suficiente, para crear un clima de aceptación y contribución de todo el personal, para garantizar el éxito del mismo.

#### **3.19.4. Factores involucrados en los accidentes**

Los accidentes como ya lo hemos definido son acontecimientos o actos no deseados, pero estos acontecimientos o actos obedecen a la ley de causalidad, es decir si eliminamos las causas también eliminaremos sus efectos colaterales, los factores que influyen en estas causas son muchos, pero se pueden sintetizar en dos grupos: humanos y el ambiente de trabajo.

- **Factor humano:** un operador hace o deja de hacer algo, lo cual trae como consecuencia un incidente, el responsable de la causa es el hombre que debido a un factor personal comete una acción su estándar, los factores personales son los siguientes:

1.- No saber del tema de trabajo: El no tener conocimiento del tema de trabajo y de los riesgos presentes es un causal de accidentes, para esto, como medida de control, se debe capacitar al personal, en todos los ámbitos que sean necesarios y darles seguimiento.

2.- No Poder ejecutar una tarea: El no poder ejecutar una tarea particular, no significa que no pueda ser útil en otras tareas diferentes, por esta razón, y como medida de control se debe Seleccionar, al personal de acuerdo a sus capacidades, conduciéndolos por las tareas en que mejor se desempeñen, el dominio eficiente de cada una de sus tareas, mejorará la productividad de la Empresa y disminuirá la probabilidad de un accidente laboral.

3.- No querer: La actitud de no querer realizar ciertas actividades, a pesar de ser falta a la ética laboral, en muchos casos es falta de entusiasmo por servir. Para estos casos se deberá Motivar al personal con el fin de que las actividades sean realizadas con entusiasmo y presteza, aumentando la productividad y disminuyendo el riesgo de caer en una situación de accidente.

- **Factores ambientales:** son aquellos que están presentes en los lugares de trabajo y que si no se toman las medidas necesarias pueden transformar una actividad normal en una condición su estándar, a continuación se entregan los factores más relevantes presentes en los lugares de trabajo y las medidas de control para evitar condiciones inseguras.



<b>Factores y medidas para evitar Condiciones Inseguras</b>	
<b>Factores ambientales</b>	<b>Medidas de control</b>
Insuficiencia de espacio en lugares de trabajo.	Mantener sólo lo necesario en cada frente de trabajo y mantener las vías de circulación despejadas.
Herramientas, maquinarias y equipos en mal estado.	Implementar programas de mantenimiento periódicos.
Falla en los elementos de protección personal.	Se debe programar revisiones periódicas de éstos, para así dar de baja aquellos que se encuentren en evidente estado de deterioro y que no cumplan con los
Compra o arriendos inadecuados.	Establecer procedimientos claros para requerimientos y compras.
Generación de riesgos debido a las actividades propias de la construcción.	Instalar una señalización adecuada, tener control del personal en obras, instruir al personal de los riesgos existentes
Falla en elementos de levante de carga.	Revisión periódica de éstos, reemplazo de aquellos que se encuentren en mal estado.
Fatiga de materiales de construcción.	Utilizar materiales especificados y solicitar certificación del proveedor.

### **3.20. Riesgos en la construcción**

Dentro de las causas básicas de accidentes en la construcción, se pueden mencionar los siguientes:

#### **3.20.1. Despeje de franja de servidumbre**

##### **3.20.1.1. Causas básicas**

- Golpes por o contra los árboles que se están talando.
- Atrapamiento producto de las tareas relacionadas.
- Sobreesfuerzos al usar técnicas inadecuadas en el manejo de equipos de trabajo.

##### **3.20.1.2. Medidas preventivas**

Para evitar incidentes en el desarrollo de estas faenas, se recomienda que en el área de trabajo se encuentren sólo el personal capacitado para estas tareas, los cuales previo a las maniobras deberán ser instruidos sobre la formas más seguras de realizar dicha actividad.

### **3.21. Excavaciones**

#### **3.21.1. Causas básicas**

Atrapamiento, ya sea por falla de cohesión del terreno que se está excavando, falla de las entibaciones, caída de material resultante de la excavación.

- Caídas de distinto nivel, desde el borde de la excavación.
- Golpe por caída de materiales.
- Caídas desde pasarelas y escalas.
- Golpes con equipos de excavación en roca.
- Faenas de percusión o trepidación cercana a las excavaciones.

### **3.21.2. Medidas preventivas**

Se debe realizar un reconocimiento preliminar del terreno, un estudio de mecánica de suelos, ya que con estos antecedentes podremos evaluar la forma de ejecución de los trabajos.

Toda excavación deberá estar debidamente señalizada y protegida, los trabajadores involucrados en las tareas deberán contar con todos los elementos de protección personal necesarios, en caso de tratarse de excavación profundas el personal que se encuentra dentro de la excavación deberá en todo momento estar vigilado por un supervisor de excavado profundo, el cual en caso de algún riesgo provea a sus compañeros de una cuerda de vida para poder salir de la excavación, aquellos trabajadores que se encuentren al borde de la excavación colaborando con la subida de material deben estar afianzados con una arnés de seguridad a un cable dispuesto para este fin.

El material excedente producto de la excavación deberá ser acopiado a una distancia mínima de 0.6 m., del borde de la excavación y en lo posible debe ser retirado el material no apto para rellenos. Con respecto, a los materiales éstos deben ser acopiados a una distancia prudente para evitar la caída accidental de éstos sobre el personal que se encuentra dentro del foso.

De ser necesario la construcción de pasarelas para traslado de material, éstas deberán contar con condiciones mínimas de seguridad, esto quiere decir estar bien apoyadas al suelo, contar con protecciones laterales, en el caso de ser de madera, éstas deben estar exentas de nudos para así evitar colapsos al transitar por ellas, además estas vías de circulación deben mantenerse limpias y ordenadas, en caso de derrame de aceites deberán ser cambiadas de inmediato.

Los operarios deberán siempre entrar y salir de la excavación por medio de escalas, éstas deben estar diseñadas de acuerdo a norma y encontrarse

apoyadas en forma segura al suelo, contar con la inclinación necesaria para evitar su volteo y sobresalir como mínimo un metro por sobre el nivel de suelo natural.

El personal para trabajar en excavaciones con equipos neumáticos deberá ser capacitado para este efecto, este deberá ser capaz de identificar si el equipo está en condiciones de ser usado o no, además deberá estar provisto de todos los elementos de protección personal necesarios para esta tarea.

En caso de existir tronaduras, presencia de equipos de compactación pesados cercanos a los lugares de trabajo y que pongan en riesgo al personal que esté ejecutando las tareas de excavación se deberán suspender las faenas mientras duren las anteriores.

### **3.22. Montaje de estructuras**

#### **3.22.1. Causas básicas**

- Golpes por caída de materiales.
- Caída de distinto nivel.
- Atrapamiento con estructuras.
- Choques eléctricos.

#### **3.22.2. Medidas preventivas**

Todo el personal que se encuentre bajo el área de trabajo deberá contar con elementos de protección personal, se debe evitar que transiten personas bajo el área de montaje o movimiento de estructuras y aquellos que participen en la maniobra deberán hacerlo con precaución.

El personal de montaje deberá estar equipado con arnés de seguridad de 2 colas, uno para mantenerse afianzado a la estructura para poder realizar las maniobras que le corresponden y la otra cola debe estar conectada a la

cuerda de vida vertical, esta cuerda debe estar siempre libre de obstáculos y se desplaza a medida que la estructura va incrementando su altura, por otro lado el operador deberá ir desplazando su carro deslizante por esta cuerda a medida que asciende en la estructura y el carro debe encontrarse en todo momento sobre la cabeza del trabajador. También es necesario recalcar que cuando el operador se cambia de posición en la estructura nunca debe dejar de estar asegurado a la cuerda de vida.

Para evitar colapsos en los mecanismos de levante, éstos deberán ser chequeados a priori a su utilización, es decir se debe revisar el estado del equipo y accesorios y capacidad de levante calculado por el fabricante.

El personal que participa en estas maniobras debe estar capacitado para efectuar rescates en caso de atrapamiento en altura.

Se deberá tener especial cuidado cuando se trabaja cerca de líneas energizadas, en este caso se debe evaluar las condiciones presentes y generar un procedimiento específico de trabajo, esto con el fin de evitar que el personal entre de contacto en forma directa o indirecta con la línea energizada.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. EJEMPLO DE APLICACIÓN**

#### **LINEA DE TRANSMISIÓN DE 138 KV SAN RAMON – MATIGUAS**

Se presenta la descripción de este proyecto para visualizar como en una actividad real, en la cual se aplican los procedimientos antes reseñados, para la construcción de una Línea de Transmisión con torres de celosías.

##### **4.1. Generalidades**

En este proyecto se contemplan las etapas de construcción y puesta en servicio de las instalaciones.

El presente ejemplo se pretende integrar al Sistema Interconectado Nacional (SIN), la subestación Siuna para conectarla a la subestación Matiguás por medio de una línea de 141.8 kms. La subestación Matiguás opera a 69 KV y es alimentada desde la subestación San Ramón por medio de una línea a 69 KV de 41 km.

La Subestación Siuna comenzó operando a un nivel de 69 KV, pero en los diseños está prevista su conversión a 138 KV debido a que se proyecta conectar algunos proyectos de generación hidroeléctrica de mediano tamaño. Actualmente está la expansión del sistema de transmisión en la Región Autónoma del Atlántico Norte del país, hasta llegar a Puerto Cabezas.

Con vistas a la conversión futura a 138 KV de la subestación Siuna, se deben realizar algunas modificaciones al sistema de transmisión, entre las cuales está la conversión de la línea San Ramón - Matiguás (SNR – MGU) de 69 KV a 138 KV, la conversión de la subestación Matiguás a 138 KV y la moderni-

zación de la subestación San Ramón. El que constituye un ejemplo de aplicación que hemos incluido es este documento de manera ilustrativa.

La realización de las estas actividades llevaría beneficios a los consumidores finales, ya que permitiría aumentar la capacidad instalada en la red de transporte, reducir las pérdidas de energía en la línea San Ramón – Matiguás, recibir más generación, especialmente renovable y tener por consiguiente más oferta, mejorando a su vez la calidad del servicio a los consumidores finales, ampliando la disponibilidad energética de la zona de Matagalpa y en localidades de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN) del país.

De igual manera, al poder recibir en el Sistema interconectado nacional más generación de energía renovable, permitiría apoyar una estabilización de los precios de la energía eléctrica, de manera que se vaya minimizando el impacto de los incrementos de los precios del petróleo en las tarifas a los consumidores finales.

De acuerdo al decreto 76-2006, un proyecto de transmisión eléctrica con voltaje superior a 69 KW, es un proyecto clasificado como de Categoría II y amerita un Permiso Ambiental, el cual debe ser obtenido previa elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental.

#### 4.1.1. Aspectos del proyecto

##### 4.1.1.1. Ficha Técnica

<b>Nombre del Proyecto</b>	<b>“Línea de Transmisión de 138 KV, San Ramón - Matiguás”.</b>
<b>Financiamiento</b>	Organismos Internacionales Bancos Internacionales Gobierno Central
	Fondos Propios
<b>Ubicación</b>	Municipios: Matagalpa, Muy Muy, Matiguás.
	Departamento: Matagalpa.
	Coordenadas UTM: Inicio de la LT: X: 627054.0 Y: 1421644.00 Final de la LT: X: 664474.84 Y: 1418767.04
<b>Fase de Operación</b>	Transmisión Eléctrica
<b>Potencia Instalada</b>	Subestación San Ramón: Transformador de distribución de 15 MVA, 138/24.9 kV.
	Línea de Transmisión con un nivel de tensión de 138 kV.
<b>Área de Ocupación</b>	41 km de longitud.
<b>Costo de inversión</b>	US\$ 10 millones de dólares
<b>Plazo de ejecución</b>	24 Meses.
<b>Propietario</b>	Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica (ENATREL).
	Dirección: Villa Fontana, rotonda Centroamérica 750m al oeste, Managua, Nicaragua.
<b>Representante Legal</b>	Presidente Ejecutivo de Enatrel

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Línea de transmisión 138kV San Ramón- Matiguás



#### 4.1.1.2. Aspectos Técnicos.

Su ubicación geográfica de inicio de la línea es en Municipio de San Ramón a 12km, al noreste de la Ciudad de Matagalpa. Para dicho proyecto será necesario ampliar una subestación de transformación en la Subestación Matiguás que opera en 69kV, más una bahía de línea de 138 kV en la subestación San Ramón, conectándolas con una línea de 1x138kV de 41kms las subestaciones, ambas de propiedad de ENATREL.

#### 4.1.1.3. Propuesta de estructuras por tipo.

DESCRIPCION DE LAS ESTRUCTURAS	CANTIDAD
<b>LINEA 138 KV SIMPLE TERNA DESDE S/E SAN RAMON -S/E MATIGUAS (Km)</b>	41
<b>ESTRUCTURAS EN SIMPLE CIRCUITO</b>	
Torre de acero galvanizada en Suspensión vano corto con ángulo 2°	34
Torre de acero galvanizada en suspensión vano largo con Angulo 2°	21
Torre de acero metalizada galvanizada vano corto con ángulo 30°,	34
Torre de acero metalizada galvanizada vano largo ángulo 30°	25
Torre de acero metálica galvanizada vano largo ángulo 60° ,	3
Torre de acero metálica galvanizada vano corto ,Angulo 75°	1
Torre de acero metálica galvanizada terminal	2
Torres de pórtico completa	1

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Línea de transmisión 138kV San Ramón- Matiguás

#### **4.1.1.4. Perfil del Proyecto**

Para futuro está prevista la entrada en operación de los proyectos hidroeléctricos El Salto YY (25 MW) y Boboké (70 MW), que demandarán una conversión futura a 138 KV de las líneas y subestaciones de transmisión relacionadas con ambos proyectos.

La modernización del sistema de transmisión de las subestaciones de Siuna, San Ramón y Matiguás, que opera en 69 KV deben ser convertidas a un nivel de tensión de 138 Kv ya que de mantenerse la capacidad de 69kV, los niveles de pérdida en las líneas de transmisión serían muy altos y producirían problemas de baja tensión, no lográndose los objetivos de aumentar las capacidades del sistema de transmisión y ampliar la disponibilidad energética de la zona de Matagalpa y las localidades de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN) de Nicaragua.

#### **4.1.1.5. Trazados previos de la línea**

En el estudio de selección del trazado de la línea de transmisión se analizarán dos alternativas. La primera consiste en un trazado constante y paralelo al lado derecho de la línea de transmisión existente desde la subestación San Ramón hasta llegar a la subestación Matiguás. La segunda alternativa, consiste en un trazado que evitó los obstáculos localizados por debajo de la línea existente y limitaciones de espacio en la distribución de apoyos.

#### **4.1.1.6. Alcances**

Para la subestación Matiguás:

- Construcción de 2 bahías de línea de 138 Kv (una hacia S/E Mulukukú y otra hacia S/E San Ramón).
- Adquisición e instalación de 1 Bahía de 138 Kv para conectar reactor inductivo (1 x 5 MVAR).
- 1Reactor inductivo de 5 MVAR
- 3Celdas de 24.9 Kv
- Sustitución de 10 km de hilo de guarda 3/8 EHS por hilo de guarda tipo OPGW en el tramo de línea S/E Matagalpa – S/E San Ramón.
- Sistema de protección Medición
- Sistema de servicios auxiliares
- Caseta de seguridad
- Edificio de control

**Para la subestación San Ramón:**

- 2 Bahías de línea en 138 Kv, una hacia Matagalpa y otra hacia Matiguás
- 1 Bahía de transformación 138/24.9 Kv en subestación
- Suministro e instalación de un transformador de potencia 15.0 MVA, 138/24.9 Kv en S/E Matiguás (Será suministrado con fondos del BID del préstamo No.1933).
- 3 Celdas de 24.9 Kv para la subestaciones
- Sistema de servicios auxiliares
- Sistema de protección Medición
- Remodelación del edificio de Control Para la Línea de Transmisión
- Construcción de 41 Km de línea de transmisión para 138 Kv, conductor 336.4 kcmil, hilo de guarda tipo OPGW para conectar las subestaciones San Ramón y Matiguás.

#### **4.1.1.7. Inversión Estimada**

El costo de inversión del proyecto fue de \$ **10, 000,000.00**, dólares.

#### **4.1.1.8. Cantidad de Mano de Obra**

La cantidad de mano de obra que utilizará el proyecto en la etapa de construcción se proyecta en seis cuadrillas de ocho personas cada una, con sus jefes de cuadrilla, operadores de equipos, Ingeniero Residente y Supervisores para un total de cuarenta y cinco trabajadores aproximadamente.

En ésta fase se crearan trabajos temporales para realizar estudios de suelo, estudios geológicos, laboratorio de materiales, levantamientos topográficos, empresas de servicios (transportistas, servicios de grúa, maquinaria pesada, vigilancia, comunicaciones etc.).

#### **4.1.1.9. En el montaje e instalación de los equipos y la maquinaria**

En el montaje e instalación de la Subestación como del tramo de línea, en esta fase igualmente se realizara la contratación de la misma cantidad de personal: seis cuadrillas de ocho personas cada una, con sus jefes de cuadrilla, Ingenieros Residentes y Supervisores.

#### **4.1.1.10. En la etapa de operación**

En esta etapa el personal es permanente de la empresa, es personal calificado y estará a cargo de la operación de la subestación. Las subestaciones operan las 24 horas en turnos de ocho horas. En cada subestación laboran un total de dos operadores, también se cuenta con personal de vigilancia de empresas subcontratadas por ENATREL en cantidad de una persona en turnos de 24 horas.

En el mantenimiento de las subestaciones se involucran diversos grupos de personal especializado de ENATREL en diferentes áreas, tales como comunicaciones, protecciones, transformadores, etc. Las labores generalmente se refieren a revisiones, ajustes periódicos, mantenimientos preventivos y/o correctivos de los equipos. Cada grupo de trabajo generalmente está compuesto por un jefe, dos técnicos especializados, dos electricistas y un conductor de vehículo para un total de seis personas. En los casos que se requiere el uso de grúa, participa el operador de grúa con su ayudante.

En cuanto a la limpieza del área de la subestación, manejo de las áreas verdes, poda de vegetación ENATREL contrata los servicios de una persona para prestar los servicios antes mencionados.

#### **4.1.1.11. Antecedentes técnicos**

La línea que se proyecta tiene las siguientes características:

- **Tensión de servicio:** 138 KV.
- **Potencia máxima de transmisión:** 15 MVA.
- **Longitud de la línea:** 41 km.
- **Tipo de estructuras:**  
Estructuras tipo torre de celosillas, de acero galvanizado en caliente.
- **Número de estructuras de suspensión:** 56
- **Número de estructuras de anclaje:** 65
- **Circuitos:** simple (1x138 kV).
- **Características del conductor:** 336.4MCM kcmil
- **Cable de guarda:** OPGW 24 hilos



- Se considera una altura máxima de las especies arbóreas del sector en 20 m. y terreno con pendiente suave, por lo que la franja debe quedar de un ancho mínimo de 58,52 m. en el lugar donde se produce el punto más bajo de la catenaria en cada tramo.
- La distancia mínima en que deben ubicarse las edificaciones futuras en el sector es de 4,7 m.

#### **4.1.1.13. Construcción de fundaciones**

Para la construcción de fundaciones se consideró lo siguiente:

- De acuerdo al informe geotécnico emitido por el Consultor para el diseño de fundaciones y estructuras, el suelo donde se fundaron las estructuras corresponde al tipo 6 según clasificación RNC-2007.
- Las excavaciones deben ser ejecutadas por el método manual para obtener el sello de fundación y el emparejamiento de las paredes de la excavación.
- Todos los aceros de refuerzo a utilizar en las fundaciones deben ser de calidad grado 40, las formas de las armaduras fueron hechas en taller ubicado en las instalaciones de labor de la obra.
- Los concretos a utilizar deben ser de 2,500PSI para los emplantillados y 3,500 PSI para las fundaciones, todos elaborados en sitio y la distancia máxima de traslado de concreto debe ser de aproximadamente 50m.
- El contratista debe contar con los servicios en forma permanente de un laboratorio de materiales y suelos, para todos los ensayos exigidos en el contrato, tanto de suelos como de concreto,

#### **4.1.1.14. Montaje de estructuras**

El montaje de estructuras se realizará de acuerdo a los planos de montaje emitidos por la ingeniería del contratista y el método de montaje que a utilizar en esta oportunidad será con apoyo de una pluma, izando estructuras pre armado en el nivel de suelo y luego llevado hasta su posición definitiva. Una vez que el alcance de pluma sea insuficiente se procederá a izar la estructura faltante por medio de pluma auxiliar hasta completar la torre, este procedimiento se repetirá en todas las estructuras contempladas en el proyecto.

La calidad del acero a utilizar será para las barras de fundación y para los enrejados que conforman la estructura central, crucetas y canastillo de cable de guardia. Las dimensiones mínimas utilizadas en el proyecto serán: 40x40x3 para los perfiles “L”, 5 mm de espesor para las planchas y diámetro de 5/8 para los pernos de fijación, todos estos elementos galvanizados en caliente según normas ASTM correspondientes.

#### **4.1.1.15. Tendido de conductores**

El método utilizado para el tendido de conductores será el normal utilizado en este tipo de faenas, excepto en los cruce de carretera, donde se procederá de la siguiente manera:

- Comunicación por escrito al Dueño de la obra de las características de las faenas, fecha, hora y duración de éstas.
- Luego proceder a instalar la señalización exigida por la Dirección de Vialidad, cuando se ejecutan trabajos en la vía, en este caso se debe instalar señalización a partir de los 500 metros, antes y después, de la zona de cruzamiento.



- Con el objeto de proteger a los usuarios de la ruta, mientras se realizaban las maniobras de tendido de conductores y cable de guardia, construir portales de madera a ambos lados de la carretera y en el badén, entre ambas vías, con altura de 10 m. y 11 metros de luz.
- Por razones de seguridad cada vez que realicen maniobras de tiro de los conductores y cable de guarda, se procederá a interrumpir el tráfico vehicular en la ruta, por medio de bandereros antes del cruzamiento en cada una de las vías de la carretera.
- Una vez finalizada las tareas de tendido proceder al retiro de los portales y señalética instalada en las vías y posterior entrega del sector a la empresa concesionaria.

#### **4.1.1.16. Prueba y puesta en servicio**

Las pruebas realizadas en la línea fueron las descritas en el capítulo 3.18, luego la línea fue entregada al Dueño para coordinar la conexión del circuito al S.N.T.

## CONCLUSIONES

Luego de haber revisado diferentes fuentes bibliográficas, consultado a técnicos e Ingenieros con experiencia en este tipo de construcciones, se logró procesar esta información, obteniendo como resultado un manual que servirá de apoyo a profesionales y Supervisores del área Civil, que trabajen en proyectos de esta naturaleza, entregando una visión general de los aspectos más relevantes en la construcción de líneas de transmisión de energía eléctrica. Cumpliéndose de esta manera con el objetivo planteado en esta Monografía.

En el desarrollo de un proyecto de ingeniería, el Constructor Civil debe demostrar que su trabajo no sólo se remonta a la construcción propia de las fundaciones, sino que también debe interiorizarse en el macro del proyecto, esto con el fin de poder ser un profesional crítico y capaz de detectar las posibles incongruencias que se generan en la emisión de información, de las distintas etapas, por parte de ingeniería.

La importancia del control de calidad en el desarrollo de cualquier proyecto, radica en que toda construcción debe ejecutarse de acuerdo a las especificaciones técnicas, memorias de cálculo y normativa aplicable para la obra en particular. Además, dicho control de calidad debe hacerse de manera tal que asegure al propietario de la obra que cada etapa fue realizada cumpliendo los más altos estándares de calidad establecidos.

Con la implementación de este manual se debe mostrar al lector que mediante la implementación de este manual se está realmente interesado en el cuidado de las personas y el medio donde se ejecutan sus procesos constructivos, implantando una política eficiente en lo que respecta a la Prevención de Riesgos y la Protección del Medio Ambiente.

Las compañías que logran mejores resultados y se mantienen vigentes en el tiempo, son aquellas que implantan dentro de su organización una política integral de Control de Calidad, Prevención de Riesgos y Control de Impacto Medio Ambiental, ya que estas disciplinas aunque parezcan ser distintas apuntan en la misma dirección que no es otra que la calidad de los entregables, que en este caso son las líneas de transmisión eléctricas.

Los procedimientos de trabajo, se vuelven una herramienta fundamental en la ejecución de las diferentes tareas de un proyecto, puesto que por este medio se contempla y enlista hasta el último elemento productivo de una organización, de lo que se quiere lograr, cómo debe ser ejecutado y los riesgos presentes en cada actividad; por lo tanto, al elaborar un procedimiento éste debe hacerse con la máxima rigurosidad, tomando en cuenta todos los detalles del proceso, de esta manera evitamos pérdidas por trabajos mal ejecutados, retrasos o accidentes laborales.

## RECOMENDACIONES

Las condiciones de aplicación, acatamiento y ejecución de la regulación vigente es un aspecto sobre el que debe prestarse especial atención en el caso del sector eléctrico de Nicaragua. El mejoramiento de esta dimensión del proceso regulatorio se considera uno de los desafíos más importantes que enfrenta el proceso de reforma emprendido por este sector. Un esfuerzo clave en este sentido será el fortalecimiento de las capacidades de imposición y ejecución normativa por parte del Ente Regulador y el Organismo Encargado de la transmisión.

En efecto, las prácticas y mecanismos de aplicación y ejecución normativa aparecen débiles, conduciendo a habituales situaciones en que las prácticas resultan apartadas de lo previsto en el conjunto normativo o carente de fundamento.

Como se advertirá, el marco regulatorio puede alcanzar sus objetivos sólo si resulta adecuadamente aplicado, acatado y ejecutado. Un bajo nivel de acatamiento regulatorio amenaza la efectividad de la regulación y debilita las capacidades de ejecución y las herramientas con que se deben valer los constructores de líneas de transmisión.

Las condiciones de aplicación, acatamiento y ejecución pueden ser consideradas en términos de procesos y prácticas, como así también en términos de estructura de diseño inicial.

Con respecto a los procesos y las prácticas, el sistema regulatorio de Nicaragua sufre de debilidad en sus funciones de aplicación y ejecución de las normativas. Respecto de la estructura institucional, se destaca la necesidad de contar con reglamentaciones adecuadas a las condiciones particulares y especiales del sector.

## BIBLIOGRAFIA

Enríquez, Gutiérrez y Jiménez (2016). *Líneas de Transmisión y distribución de energía eléctrica*. Tesis de maestría no publicada, UALN, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

Bautista (2001). *Líneas de transmisión de potencia*. Pre edición, volumen I, Nacional de Ingeniería, lima, Perú.

ENATREL – EMPRESA NACIONAL DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA

Página web

Enatrel.gob.ni. (2017).

[www.enatrel.gob.ni](http://www.enatrel.gob.ni)

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

Página web

Ministerio de Energía y Minas.

[www.mem.gob.ni](http://www.mem.gob.ni)

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGIA - INE ::...

Página web

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGIA - INE : (2017).

[www.ine.gob.ni](http://www.ine.gob.ni)

Moreno Mohíno Jorge, Garnacho Vecino Fernando, Simón Comín Pascual, Rodríguez Herrerías José, (2010). *Reglamento de Líneas de alta tensión y sus fundamentos técnicos*. Primera Edición, Madrid, España, Editorial Paraninfo.

Plan de Prevención Instalaciones Eléctricas S.L:

Obtenido de: [bibing.us.es/proyectos/abreproy/4967/fichero/ANEXO+L.pdf](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4967/fichero/ANEXO+L.pdf)

Cimentaciones Para Torres Auto soportadas (2005)

Obtenido de:

[www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/u11/ci\\_34\\_34120\\_pilotes\\_para\\_torres\\_autosoportadas.pdf](http://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/u11/ci_34_34120_pilotes_para_torres_autosoportadas.pdf)

Procedimientos Ambientales Para la construcción de instalaciones del sistema de transporte de energía eléctrica que utilicen tensiones de 132 kv o superiores. (1999).

Obtenido de: [www.enre.gov.ar/web/bibliotd.nsf/203df3042bad9c40032578f6004ed613/4a8409822fbb3bfc03256762006a33d1/\\$FILE/anexo.pdf](http://www.enre.gov.ar/web/bibliotd.nsf/203df3042bad9c40032578f6004ed613/4a8409822fbb3bfc03256762006a33d1/$FILE/anexo.pdf)

## **ANEXOS**

## **1. Ley No. 272\_Ley de la Industria Eléctrica.**

La presente Ley tiene por objeto establecer el régimen legal sobre las actividades de la industria eléctrica, las cuales comprenden la generación, transmisión, distribución, comercialización, importación y exportación de la energía eléctrica.

Esta Ley tiene como base fundamental las siguientes reglas:

- 1) Seguridad, continuidad y calidad en la prestación del servicio Eléctrico.
- 2) Eficiencia en la Asignación de los Recursos Energéticos.
- 3) Promoción de una efectiva competencia y atracción del capital Privado.
- 4) Protección de los derechos de los clientes y el cumplimiento de sus deberes.
- 5) Eficiencia en el uso de la electricidad por parte de los clientes y los Agentes Económicos.
- 6) Prestación del servicio con estricto apego a las disposiciones relativas a la protección y conservación del Medio Ambiente y de seguridad ocupacional e industrial.
- 7) Expansión de la capacidad de generación de Energía y del servicio Eléctrico.

La Ley de la Industria eléctrica, establece que el servicio Eléctrico al ser un derecho y necesidad fundamental para el desarrollo de la Nación, los bienes estatales y privados podrán ser afectados, ya sea por el establecimiento de servidumbre o ser declarados de utilidad pública por la autoridad respectiva, de conformidad con las leyes correspondientes, establece que los agentes económicos, nacionales o extranjeros calificados para realizar actividades del servicio eléctrico, deberán tener concesiones o licencias otorgadas por el INE, además deberán de tener domicilio en el País, asimismo tendrán iguales derechos y



obligaciones y estarán sujetos a las disposiciones legales correspondientes. Todas las regulaciones en esta materia estarán a cargo de INE.

En cuanto al contenido de esta ley, lo que refiere a las normativas de las actividades de Transmisión, están contemplados en los capítulos VI y del IX al XV.

Capítulo V, En este capítulo establece que es responsabilidad de la Empresa de Transmisión Eléctrica, la expansión de los sistemas necesarios para atender mayores niveles de Generación Eléctrica. La Empresa de Transmisión propietaria del sistema de Transmisión Nacional, deberá ser Estatal.

En los capítulos del IX al XV, establece las disposiciones para ser regulado todo lo concerniente a la actividad de Operación, Transporte, administración, régimen de remuneraciones, calidad, respeto al medio ambiente y propietarios de lotes dentro de los que se construirá una obra eléctrica, derechos y obligaciones de los agentes del mercado, transmisores y usuarios del sistema de transmisión eléctrico.

En el capítulo IX, establece los principios mediante los que se debe establecer el mercado de transacciones físicas y económicas del Sistema -interconectado -nacional. Establece las relaciones entre el sistema interconectado nacional, sus agentes económicos y el centro nacional de despacho de carga, relaciones que deben ser llevadas de manera segura y atendiendo las necesidades de todo el sector energético.

En el capítulo X, establece el derecho y deber del estado a otorgar licencias de transmisión, de generación y concesión de distribución a los agentes económicos interesados y que llenen los requisitos descritos en esta ley y su reglamento. Las licencias y concesiones tendrán un límite de vigencia de 30 años.

En el capítulo XI, establece los derechos y obligaciones de los concesio-

narios y titulares de licencia, para registrarse dentro del sistema de transmisión eléctrica.

En el capítulo XII, establece las causas para la terminación de concesiones y licencias antes del vencimiento del plazo establecido, los que citamos a continuación: Declaración de Caducidad, debido a incumplimiento en los procesos y obligaciones en los estudios y construcción, en los plazos establecidos o por falta de firma del contrato. Incumplimiento de las obligaciones contractuales y por Renuncia a los derechos de una concesión o Licencia.

En el capítulo XIII, establece el tipo de servidumbre a que tiene derecho un concesionario o titular de licencia, los derechos y deberes ante el Estado y los propietarios de los predios por el cual tiene el tránsito o establecimiento de una instalación eléctrica de alta tensión.

En el capítulo XIV, establece que, para efecto de esta ley, el régimen tarifario se clasifica en dos: Régimen de precio Libre y Régimen de precio Regulado, en el Régimen de precio libre, las transacciones se realizan sin la intervención del estado; en el Régimen de precio Regulado, las transacciones son remuneradas mediante precios aprobados por el INE. El Régimen de precio Libre comprende las transacciones entre generadores, cogeneradores, auto productores, distribuidores, comercializadores y grandes consumidores, además la importación y exportación de energía eléctrica y de potencia. El Régimen de precio Regulado comprende las transacciones de energía y potencia de los distribuidores a los consumidores finales, además del transporte de energía y potencia en el Sistema de Transmisión y Distribución, o peaje.

Los grandes consumidores pueden realizar transacciones en cualquiera de los regímenes mencionados, esto se detalla en la normativa de Operación.

En el capítulo XV, establece las obligaciones y medidas necesarias a tomar para prevenir, controlar y mitigar los factores del deterioro ambiental, los agentes económicos deberán dar cumplimiento a las disposiciones, normas técnicas y de conservación del medio ambiente, bajo la vigilancia y control del INE y del MARENA y demás organismos competentes.

## **2. Normativa de Transporte del Sistema Eléctrico de Nicaragua**

Esta normativa tiene por objeto establecer las reglas aplicables a la Actividad de Transmisión, de acuerdo a los criterios y disposiciones establecidas en la Ley de la Industria Eléctrica (Ley No. 272) y su Reglamento (Decreto 42-98).

La empresa nacional de transmisión elabora los Anexos que requiera la implementación de la normativa. Dichos Anexos deberán cumplir los criterios y metodologías generales establecidas en esta Normativa, y someterlos para su aprobación ante el INE.

La empresa nacional de transmisión y todo otro agente que se dedique a la actividad de Transmisión deberá cumplir, junto con las disposiciones de la Ley y su Reglamento, con las reglas y procedimientos que se establecen en esta normativa. Dichas reglas y procedimientos son también de cumplimiento obligatorio para todos los Agentes del Mercado.

La normativa de Transporte abarca los siguientes aspectos ligados a la actividad de transporte de energía eléctrica.

- Conexión y uso de las Instalaciones de Transporte.
- Acceso a la Capacidad de Transporte.
- Ampliación de la Capacidad de Transporte.
- Régimen Remuneratorio.
- Calidad del Servicio.

Conexión y uso de las instalaciones de transporte, en ese acápite establece los derechos y obligaciones del transmisor y el usuario directo de una conexión (Las Partes) al sistema de transmisión del país. Dentro de las obligaciones que tiene el transmisor está el de libre acceso a sus instalaciones de los representantes de las Partes o a los auditores técnicos independientes que

para tales efectos debe designar el INE y el centro nacional de despacho de carga CNDC. Debe suministrar tanto al INE como al CNDC toda la información requerida y que fuese necesario para llevar a cabo sus respectivas funciones de regulación y administración de las redes respectivamente, verificar que las instalaciones de cada Usuario reúnen los requisitos técnicos necesarios y de seguridad para su conexión al Sistema de Transmisión y, en caso contrario, notificarlo al INE.

Acceso a la Capacidad de Transporte, establece los mecanismos para que los usuarios interesados en conectarse al Sistema de Transmisión Eléctrica, puedan solicitar acceso a la capacidad de transporte existente.

Ampliación de la Capacidad de Transporte, tiene por objeto establecer las modalidades mediante las cuales se puede llevar a cabo la ampliación del sistema de transporte de energía. Establece que todo agente que solicite una ampliación de la capacidad de transporte debe constar previamente con la licencia de Transporte de Energía, emitida por el INE, esto conforme a lo establecido en la normativa de concesiones y licencias Eléctricas.

Régimen Remuneratorio, Establece todas las cuotas y costos que deben pagar todos los agentes del mercado eléctrico del país a la empresa de Transmisión, detalla formas de cálculos y plazo para que sean efectivos.

Calidad del Servicio, La calidad de servicio está ligada directamente a las disponibilidad de las instalaciones de transmisión, los sistemas de conexión, de transformación y la capacidad instalada, establece las relaciones entre el transmisor y el centro nacional de despacho de carga, en cuanto a la disponibilidad e indisponibilidad de los sistemas, relación que debe ser en todo momento armoniosa y abocada a la satisfacción del mercado eléctrico en sus conjunto, una reducción injustificada en la capacidad instalada o en los sistemas de transformación, repercute directamente en una disminución de la calidad prestada por

la empresa transmisora, reduciendo en medida de las afectaciones, la cuota de remuneración a que la empresa transmisora es beneficiaria. Estas actividades serán constantemente vigiladas por el INE, el que deberá recibir constantemente información proveniente del Centro Nacional de Despacho de Carga.

### **3. Normativa de Operaciones**

Esta normativa establece las reglas de carácter operativo del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y el Sistema de Transmisión Nacional, las reglas de carácter comercial del Mercado Eléctrico Mayorista de Nicaragua, de acuerdo a los criterios y disposiciones establecidas en la Ley No. 272, Ley de la Industria Eléctrica, y su reglamento.

El Centro Nacional de Despacho de Carga (CNDC) elaborara los procedimientos de detalle que requiera la implementación de esta normativa, denominado Anexos Técnicos y Anexos Comerciales. Dichos procedimientos deberán de cumplir los criterios y metodologías generales que se establecen en esta Normativa y deberán ser aprobados y puestos en vigor por el Consejo de Dirección del INE.

Para la programación y la operación del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y el Sistema Nacional de Transmisión, y la administración comercial del Mercado

Mayorista, el CNDC deberá cumplir, junto con las disposiciones de la Ley y su

Reglamento General, con las reglas y procedimientos que se establecen en la presente

Normativa. Dichas reglas y procedimientos son también de cumplimiento obligatorio

para todos los agentes económicos y Grandes Consumidores que participan como agentes del Mercado.

La normativa de Operación está conformada por tres tomos:

-Tomo Normas Generales, establece los alcances y organización de la normativa, la descripción de la organización del mercado, y las obligaciones y derechos de carácter general para los Agentes del Mercado y el CNDC. Establece los requisitos que deben llenar los agentes económicos y los grandes consumidores para optar a ser un agente de Mercado y poder realizar transacciones en el Mercado Nacional Eléctrico.

-Tomo Normas de Operación Técnica, establece los criterios y procedimientos generales para la programación, el despacho y la operación integrada del sistema. Las Metodologías y procedimientos de detalle se establecen en los anexos Técnicos, redactados por la Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica

-Tomo Normas de Operación Comercial, establece los criterios y procedimientos generales para las ofertas, la administración de las transacciones económicas del mercado y la liquidación de los agentes. Las metodologías y procedimientos de detalle se establecerán en los anexos comerciales.

#### **4. Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua. (CIEN).**

En Nicaragua el CIEN se maneja como referencia general en las instalaciones Eléctricas de toda índole, pero principalmente en instalaciones de tipo domiciliarias y de baja tensión, en este código se abarca tópicos de aplicación general referentes a diseño, protección, métodos, materiales y equipo eléctrico que se adaptan en todos los casos, es una guía de buenas prácticas constructivas, pero queda reducido a los trabajos de montaje y revisión de diseños domiciliarios, industriales, de comunicaciones y de obras públicas.

De este código podemos recopilar para nuestro trabajo lo referente a las protecciones que deben existir en todas las Instalaciones Eléctricas, principalmente para el cuido y protección de todas las personas y propiedades del peligro que implica el uso de la Electricidad.

Hablamos de los sistemas de Puesta a Tierra, Según el CIEN, toda instalación debe constar con medios efectivos para conectar a tierra todas aquellas partes metálicas del equipo eléctrico u otros elementos que normalmente no conduzcan corriente y que estén expuestos a energizarse si ocurre un deterioro en el aislamiento de los conductores o del equipo, en nuestro trabajo vamos a incorporar a este enunciado que además de proteger por el deterioro del aislamiento de los conductores, los sistemas de transmisión deben protegerse por descargas atmosféricas y por inducción de energía proveniente de fuentes cercanas al sistema de transmisión.

## **5. Reglamento Nacional de la Construcción. (RNC)**

En cuanto a normativa vigente para las obras civiles que son parte fundamental de una Obra de Transmisión Eléctrica, en el Reglamento Nacional de la Construcción, Norma Mínima del Concreto Estructural, Capítulo III, Construcción, nos establecen especificaciones relacionadas con los materiales usados, las proporciones y preparación de mezclas, así como su forma de uso, el transporte, la colocación, el curado y la evaluación del resultado de las pruebas realizadas a las muestras del concreto utilizado en las obras.

En este Reglamento, se dan las recomendaciones y métodos de comparación para la buena escogencia de los materiales a utilizar en la elaboración del concreto y el refuerzo si es necesario para las fundaciones de los apoyos de una Línea de Transmisión Eléctrica. Se indican los factores para la obtención de un concreto de calidad capaz de satisfacer las especificaciones técnicas del proyecto en Particular y en general para todo tipo de obra que necesite

la instalación de concreto como elemento estructural, se enuncian las características básicas que definen la buena calidad del concreto, los métodos para obtener las proporciones adecuadas en los diferentes ambientes que puedan surgir en las obras, ambientes secos, soleados, lluviosos inmersos, etc.

Se enumeran los tipos de cementos que pueden ser aplicables en nuestro país, el estado físico que deben presentar antes de ser utilizados, los métodos de transporte adecuados, la calidad del agua y los agregados, las Relaciones agua Cemento Recomendables, la disposición del refuerzo y los encofrados, para la instalación del concreto.

## **6. Normativa Particular para Líneas de Transmisión Eléctricas.**

En Nuestro País no existe una normativa particular que aplique a la construcción de Líneas de Transmisión Eléctricas, los proyectos desde pequeños hasta de mucha envergadura han sido Diseñados tomando como referencia, normativas existentes en otros países, esto va dependiendo del proveedor que se haga ganador de una licitación pública, método de contratación normado en nuestro país para un proyecto de altos costos y de importancia en el desarrollo económico.

Como resultado de esta realidad en el sistema de Transmisión Eléctrico de nuestro país existe variedad de modelos y sistemas constructivos y estructurales en los apoyos de las Redes Transmisión, en los que podemos encontrar Torres Metálicas de celosías, de fabricación Norteamericanas, Mexicanas y Europeas, Postes de Concreto, Postes Metálicos y algunas estructuras de Madera, las que por su nivel de seguridad y capacidad de Tensión de las líneas existentes en ellas, ya están siendo reemplazadas en su totalidad por las estructuras citadas anteriormente.

Cabe mencionar que todos estos métodos constructivos y Diseños provenientes de proveedores extranjeros son debidamente revisados y validados por



el personal técnico de la Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica, (ENATREL) quien es la responsable de los procesos de Licitación, Revisión, Supervisión, coordinación de Operaciones y Puesta en Servicio de un nuevo proyecto de Transmisión.

## **7. IMPACTO AMBIENTAL**

La electricidad es actualmente la energía de consumo más limpia de la cual se tenga conocimiento. Junto a ello, la energía eléctrica es también una pieza fundamental para el desarrollo de nuestro país y el mundo entero. De hecho, el Consejo Mundial de la Electricidad señaló que, entre los años 1990 y 2020, la producción de electricidad a nivel mundial debiera duplicarse.

A pesar de lo expuesto anteriormente en las distintas etapas de construcción de los proyectos de generación y redes de transmisión eléctrica se producen efectos más o menos importantes sobre el medio ambiente, es por esto que toda empresa relacionada con la explotación en las distintas etapas del sistema eléctrico debe establecer un compromiso ambiental serio, con políticas medio ambientales eficientes dentro de su compañía, cumpliendo con las exigencias mínimas establecidas en las normas internas de cada país como así los compromisos adquiridos en los tratados internacionales.

Cabe mencionar que cuando fue construido el sistema eléctrico (1958) no existía el concepto de “dimensión ambiental” en los Proyectos ni en la empresas; por lo tanto los proyectos eran ejecutados sin tener en cuenta los impactos negativos que ocasionaban al medio ambiente. La legislación ambiental fue constituida en Nicaragua mediante la Ley No.217 “Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales” el 26 de marzo de 1996 y sus Reformas y Adiciones del 13 de Febrero del 2008. Debido a lo anterior, las instalaciones eléctricas construidas antes de 1996, están contempladas dentro del condicionamiento del permiso ambiental emitido por MARENA en mayo del 2000

En Nicaragua El Sistema de Transmisión se constituyó desde 1958 y es el conjunto de líneas de transmisión, subestaciones y equipos asociados, necesarios para transportar la energía desde centrales de generación hasta sistemas de distribución. La Ley de la Industria Eléctrica, estableció que ENATREL requería de una Licencia de Transmisión para su funcionamiento. El 12 de mayo del 2000, el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) extendió el Permiso Ambiental a la Empresa, donde se establecieron una serie de obligaciones ambientales orientadas a mejorar la gestión ambiental en el proceso de transmisión de energía y el desempeño de la misma, es decir, que en ENATREL se cuente con un Programa de Gestión Ambiental (PGA) para el desarrollo de sus actividades. El comportamiento responsable de ENATREL en la conducción de sus operaciones asegura un impacto social y ambiental positivo.

La empresa encargada de realizar construcciones de líneas de alta tensión debe realizar sus mejores esfuerzos para minimizar los riesgos al ambiente, la salud y la seguridad de sus empleados y de las comunidades por medio de tecnologías, instalaciones y procedimientos operativos seguros y preparados para atender emergencias.

Para lograr la eliminación de accidentes en el área de trabajo y mantener el objetivo primordial de cero accidentes se debe de tomar asumir con entero compromiso las siguientes medidas:

- Entrenar y motivar a los trabajadores para trabajar de una manera segura y responsable.
- Involucrar a los trabajadores en el desarrollo de prácticas seguras y mantener altos estándares de seguridad en todas las fases de las obras y proyectos
- Proveer liderazgo y dirección en seguridad, incluyendo seguridad como parte de las decisiones de trabajo.

- Cumplir con todas las regulaciones y lineamientos de seguridad relevantes

- Procurar un mejoramiento continuo en el desempeño de salud y seguridad, estableciendo y alcanzando metas propuestas.

- Hacer que el trabajo seguro sea una condición del empleo.

Tomando estas medidas en cuenta se contribuye enormemente a la prevención tanto de la seguridad personal de los trabajadores en la construcción de líneas de alta tensión, como la disminución del efecto negativo que pueda provocar la construcción de tal obra en el medio ambiente logrando mantener un balance que permita realizar el menor daño al medio ambiente.

Un proyecto con un estudio acabado puede evitar muchos de los impactos, en la etapa de diseño, esto contribuye enormemente en mitigar los efectos producidos en el desarrollo de una obra de ingeniería.

### **7.1. Compromiso ambiental**

Toda empresa debe estar consciente que la protección de la naturaleza se debe tener en cuenta en cualquier actividad económica, ya que de ello dependerán las futuras generaciones, contribuyendo así al desarrollo sustentable.

Es por ello que las empresas dedicadas al rubro de explotación eléctrica han decidido desarrollar sus actividades empresariales de manera respetuosa con el medio ambiente, comprometiéndose con la eficiencia energética, debido a la cada vez mayor escasez de recursos naturales y no renovables.

Para hacer frente al desafío ambiental, dichas empresas se comprometen a ir más allá del estricto cumplimiento de la normativa aplicable, intensificando los apoyos necesarios y estableciendo políticas claras para garantizar el uso racional de los recursos y la minimización de los residuos, contribuyendo al

desarrollo sustentable que demanda la sociedad.

Se debe realizar actividades de Monitoreo de las condiciones ambientales en el área de influencia del proyecto para asegurar que las medidas diseñadas e implementadas para minimizar los daños ambientales trabajen apropiadamente.

## **7.2. Principios básicos de una política Ambiental**

- Integrar la gestión ambiental y el concepto de desarrollo sustentable en la estrategia corporativa de la empresa, utilizando criterios ambientales documentados en los procesos de planificación y de toma de decisiones.
- Utilizar racionalmente los recursos y reducir la producción de residuos, emisiones y vertidos, mediante la aplicación de programas de mejora continua y el establecimiento de objetivos y metas ambientales, haciendo que las instalaciones y actividades de la empresa sean cada día más respetuosas del entorno, minimizando de esta manera el impacto ambiental.
- Mantener en todos los centros un control permanente del cumplimiento legislativo y la revisión periódica del comportamiento ambiental y de la seguridad de las instalaciones, comunicando los resultados obtenidos a la entidad reguladora.
- Conservar el entorno natural de las instalaciones mediante la adopción de medidas encaminadas a la protección de las especies de fauna y flora y de su hábitat.
- Potenciar el uso de energías renovables y la investigación y el desarrollo de tecnologías más limpias y eficientes.
- Promover un grado de sensibilización y conciencia para la protección ambiental del entorno, mediante la formación interna y externa y la colaboración con las autoridades, instituciones y asociaciones ciudadanas.

- Exigir a los contratistas y proveedores la implantación de políticas ambientales coherentes con los presentes principios.
- Fomentar el uso racional y el ahorro de energía entre los usuarios y la sociedad en general.

### **7.3. Impactos generados en la construcción de líneas de transmisión eléctrica**

Los impactos generados en la construcción de una línea de transmisión de energía eléctrica, se pueden clasificar en tres grupos:

#### **7.3.1. Transformación del medio físico**

Es aceptable que en el desarrollo normal de toda construcción se produzca un cambio en el paisaje, ya que es necesario construir caminos, emplazar las instalaciones provisionales y permanentes, por lo que es inevitable llevar a cabo tareas como: escarpe de la capa vegetal y tala de árboles existentes en la zona afectada.

En la construcción propia de la línea se debe despejar una franja a lo largo del trazado, de tal forma que en ningún caso se exponga el normal funcionamiento del sistema por la caída, ya sea intencional o fortuita, de algún árbol cercano a la instalación, esto de acuerdo a las exigencias establecidas en la norma de instalación de corrientes fuertes.

#### **7.3.2. Recomendaciones**

- Para el caso del despeje de la franja de servidumbre se deberá respetar en lo posible las exigencias mínimas establecidas en la norma de instalación de corrientes fuertes de acuerdo a la categoría de la línea, esto con el fin de evitar la tala indiscriminada de la población arbórea del sector.

- Para cumplir con el punto anterior, el administrador responsable del contrato deberá comprometerse a incorporar un plan de manejo forestal y la supervisión responsable de esta tarea deberá exigir y controlar que se cumpla con lo establecido, de acuerdo al procedimiento de trabajo generado para la ejecución de esta labor.

- Se deberá instruir al personal que participa en las jornadas laborales, con relación al riesgo de incendios forestales, esto con el fin de evitar impactos ambientales aún mayores en la zona de trabajo.

#### **7.4. Generación de residuos**

Este es quizás uno de los temas más complejos durante el desarrollo de la construcción, ya que por un lado aparece o aumenta considerablemente la generación de residuos de distinto tipo y por otro lado se tiende a buscar soluciones ilegales. Es por esto, que con el correr de los años las empresas han debido establecer estándares y procedimientos de manejo de los residuos producidos en las distintas etapas de construcción.

##### **7.4.1. Manejo de residuos emanados en la construcción**

Para un adecuado tratamiento o reciclaje de los residuos generados se recomienda clasificarlos, de acuerdo al siguiente criterio:

**Residuos domésticos u oficina:** son aquellos desechos sólidos, que una vez descartados no presentarán riesgos para la salud del personal ni al medio ambiente,

son generados durante el aseo o normal funcionamiento de una instalación, por ejemplo: papel, cartón, trozos de plástico, desechos de oficinas, tonner de impresoras en sus envases, pequeñas cantidades de vidrio y metal, envases de productos domésticos, botellas y pequeñas cantidades de restos de comida ligera (galletas, pan, frutas y otros consumos de oficinas).

**Residuos industriales:** contempla los restos sólidos producidos durante la construcción, modificación o eliminación de una instalación, el descarte de componentes de maquinarias, etc., por ejemplo: grandes cantidades de metal, plástico, madera, cartón, vidrio, concreto, materiales de construcción, productos de demolición, neumáticos, restos de conductores, tuberías, cañerías, filtros de aire, mangueras hidráulicas y de aire, restos de correas transportadoras, lonas, restos de membranas, geotextiles, latas, etc.

**Residuos Orgánicos:** son restos que se generan en el normal funcionamiento de una casa que presta servicio de alimentación al personal, por ejemplo: limpieza de ollas, recipientes y vajilla, más todo desecho de tipo vegetal o animal que se descarta durante la preparación de las comidas, lodos de descartes y grasas de planta de aguas servidas, restos de comida en general.

**Residuos peligrosos:** se refiere a desechos que representan un inmediato o futuro peligro para el medio ambiente y/o la salud del personal, estos estarán compuestos por: masillas epóxicas, baterías y pilas de equipos electrónicos y cualquier objeto o sustancia que contenga o se encuentre contaminada con los residuos tóxicos mencionados. Se recomienda que las baterías de vehículos, aceites y lubricantes usados deberán ser almacenados en el depósito de residuos peligrosos, sobre pallets y en tambores metálicos, lo cuales deberán ser sellados y retirados de la zona laboral.

## **7.5. Recomendaciones en el manejo de residuos**

Para poder cumplir con lo anteriormente expuesto, se deberá entregar información clara a todo el personal sobre los estándares implantados en la compañía sobre el manejo de los residuos producidos y se deberá mantener depósitos adecuados en todos los frentes de trabajo, en las instalaciones de construcción, casas, etc., estos deben estar rotulados en forma clara para el

tipo de desecho que deberán contener e identificar los depósitos con colores, los cuales deben estar definidos en el respectivo procedimiento de manejo de residuos.

Igualmente se deberá contar con un vertedero para depositar los residuos orgánicos, domésticos e industriales, éste debe contar con los permisos de la autoridad ambiental y debe encontrarse en todo momento ordenado, para poder cumplir con la expectativa de vida del vertedero. Para el retiro de las instalaciones de los residuos identificados como peligroso, se deberá contratar una empresa que se especialice en este tema.

Es importante destacar que todos aquellos embalajes de equipos importados, contruidos con madera, deberán ser quemados para evitar posibles contaminaciones a nuestro medio.

#### **7.6. Aumento de emisión de partículas de material**

Durante toda la construcción se debe mantener en forma casi continua el funcionamiento de maquinarias necesarias para el normal desarrollo de todas las etapas inherentes al proyecto, éstas emiten una cantidad considerable de gases a la atmósfera, por otro lado se puede mencionar el aumento de polución producto del tránsito de vehículos motorizados por los caminos contruidos para poder llegar a los distintos frentes de trabajo.

Estos efectos, si bien es cierto no pueden ser eliminados en su totalidad, se debe tener conciencia de que en muchas situaciones se puede minimizar los efectos nocivos al medio ambiente.

#### **7.7. Recomendaciones a los riesgos**

- Se deberá contar con un camión tipo cisterna, el cual deberá recorrer todos los frentes de trabajo y caminos con el fin de regarlos, para así aminorar



la cantidad de polvo generado por el transito de maquinarias, camionetas, camiones, etc.

Al momento de decidir la contratación de los distintos tipos de maquinarias, camiones, camionetas, equipos, etc., se debe aumentar el nivel de exigencias a la empresa contratada, requiriendo documentos oficiales del estado del vehículo y si es necesario establecer requisitos de antigüedad de estos para poder operar en la faena.

Se deberá implantar un procedimiento de mantención de vehículos, maquinarias y equipos, el cual debe contemplar listas de verificación del estado de estos, estas listas de verificación deberán ser llenadas por el operario a cargo y entregadas al departamento de prevención de riesgos, esto con el fin de evaluar las condiciones de operabilidad de estos.

En el caso de que la faena se encuentre lejos de un centro urbano, donde mandar los vehículos, maquinarias y equipos a mantención se deberá implementar instalaciones adecuadas para este efecto, esto con el fin de evitar la contaminación del suelo con productos líquidos tales como: aceites, combustibles u otros elementos.

Con respecto a quemas, éstas deben ser controladas y se efectuarán sólo en casos estrictamente necesarios, además se prohibirá la quema de cualquier material que produzca gases y/o partículas nocivas, como por ejemplo aceites, lubricantes, neumáticos, etc.

## **7.8. Desmovilización de las instalaciones**

Una vez finalizado el proyecto se deberán retirar todas las instalaciones provisorias del área afectada, materiales que no fueron utilizados, etc., en definitiva se deberá dejar toda el área despejada y en óptimas condiciones, con respecto a los caminos construidos durante la etapa de construcción sólo se

dejarán los que en el futuro permitan acceder a los distintos puntos de la línea para su revisión y mantención.

Para poder mitigar el impacto que produce la desaparición de árboles y arbustos en la franja de servidumbre, se puede acordar con los dueños de los terrenos el cultivo de plantaciones frutícolas, cuidando que la altura no supere lo establecido en la norma de instalación de corrientes fuertes.

En este tipo de procedimientos se identificó cuáles son los efectos a causar un impacto tanto a nivel ambiental como sociales alcanzados en la construcción de líneas de alta tensión y los cuales se enuncian a continuación:

#### **7.8.1. Factores impactados**

Subsistema físico (natural)

Medio abiótico (inerte): aire, suelo y agua. Medio biótico: flora y fauna.

Subsistema antrópico, el ser humano en la mayoría de las veces realiza acciones que desequilibran lo natural, originando algo llamado sistema antrópico, el cual está integrado por una serie de elementos que van de la mano con el desarrollo tecnológico, urbanístico, industrial y cultural de la sociedad.

#### **7.8.2. Medio socio-cultural-económico:**

- Paisaje
- Ocupación (directa e indirecta) de mano de obra.
- Patrimonio (cultural y natural).
- Agricultura y ganadería
- Recaudación fiscal.
- Infraestructura, equipamiento y servicios.

### **7.8.3. Acciones Impactantes**

- Uso de las tierras (urbanas y rurales).
- Remoción de la cobertura vegetal.
- Excavación y movimiento de suelos.
- Explotación de bancos de préstamos.
- Generación de residuos sólidos y líquidos.
- Restauración de zonas afectadas.
- Instalación de obradores, talleres y depósitos.
- Mantenimiento de vías de acceso actuales.
- Demanda de infraestructura local.
- Demanda de servicios locales.

### **7.8.4. Generación de empleo.**

Para la fase de operación de la línea se consideran, además Transporte de Energía en áreas urbanas y rurales, Incremento de Actividades económicas, Demandas de tareas de mantenimiento.

### **7.8.5. Impactos Positivos (significativos)**

- Incremento de la ocupación de mano de obra (Directa e indirecta).
- Mejoramiento de la calidad de vida para la región beneficiada con energía.
- Incremento de las actividades del Comercio y la Industria (local y regional)
- Incremento de Actividades Agrícolas-Ganaderas.
- Incremento del transporte de carga, de personas y bienes.
- Incremento de servicios.

El objetivo principal del presente es proteger el ambiente frente a los posibles impactos que pudieran presentarse cuando se este realizando la obra y cuando se deje de operar una Línea de Transmisión para los fines que fue construida, ya sea cuando hayan cumplido su vida útil o cuando el propietario de la obra decida cerrar las operaciones. Se establecerán medidas que permitan recuperar los posibles pasivos ambientales dejados por éste, como mínimo igual a las superficies circundantes a las instalaciones. Logrando así haber logrado realizar un Proyecto en armonía con el medio ambiente y logrando mejorar el servicio de electricidad a través de la construcción de líneas de alta tensión por la cual es la que se está diseñando el actual manual.

## **DOCUMENTOS ACADÉMICOS**